



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE MÁSTER EN ADMINISTRACIÓN DE LA
CONSTRUCCIÓN II PROMOCIÓN**

**TEMA: ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN
CONSTRUCTION EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN
EL ECUADOR**

AUTOR: ING. CORREA ORDÓÑEZ, MIRTHA VIVIANA

DIRECTOR: ING. PABLO VASQUEZ

SANGOLQUÍ, OCTUBRE

2014

CERTIFICACIÓN

Ing. Pablo Vásquez

Certifica

Que el trabajo titulado ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ECUADOR, realizado por Ing. Correa Ordóñez, Mirtha Viviana, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en forma portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a la Ing. CORREA ORDÓÑEZ MIRTHA VIVIANA, que lo entreguen a la Ing. MARIBEL ALDAS, en su calidad de Directora de la Maestría.

Sangolquí, Octubre 2014

Ing. Pablo Vásquez

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

ING. CORREA ORDÓÑEZ MIRTHA VIVIANA

Declaro que:

El proyecto de grado denominado ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ECUADOR, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Octubre 2014

Ing. Correa Ordóñez Mirtha V.

AUTORIZACIÓN

Yo, Ing. CORREA ORDÓÑEZ MIRTHA VIVIANA

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la investigación ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ECUADOR, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, Octubre 2014

Ing. Correa Ordóñez Mirtha V.

DEDICATORIA

A mi esposo Freddy, quien con paciencia y sabiduría me ayudó a culminar esta etapa de mi vida. A mis padres Vicente y Fabiola que siempre estuvieron ahí brindándome su apoyo incondicional. A mis hermanos Santiago y Lorena quienes con palabras alentadoras me ayudaban en momentos difíciles.

A mis abuelitos y mi tía que ahora son mis angelitos que desde el cielo siempre me acompañan y me guían por el buen camino.

Viviana

AGRADECIMIENTO

A Dios, por regalarme el don de la vida y brindarme la sabiduría y fuerza necesaria para culminar un proyecto más en mi vida profesional.

A mi esposo, padres y hermanos por siempre contar con su apoyo incondicional.

A los ingenieros Pablo Vásquez y Verónica Rea por toda la dedicación y tiempo que me brindaron para llevar a cabo este proyecto.

Viviana

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	ASPECTOS GENERALES.....	2
1.3	JUSTIFICACIÓN DEL TEMA.....	3
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4.1	<i>OBJETIVO GENERAL</i>	6
1.4.2	<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	6
1.5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	6
1.6	RESULTADOS ESPERADOS.....	7
2	MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR.....	9
2.1	INTRODUCCIÓN	9
2.2	ANÁLISIS MACROECONÓMICO	10
2.2.1	<i>PRODUCTO INTERNO BRUTO</i>	10
2.2.2	<i>SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	12
2.2.3	<i>EMPLEO GENERADO POR LA CONSTRUCCIÓN</i>	15
2.2.4	<i>PERMISOS DE CONSTRUCCION</i>	16
2.2.5	<i>PARTICIPACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN</i>	17
2.3	CONCEPTOS DE PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	18
3	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION COMO FILOSOFÍA DE PLANIFICACIÓN ...	22
3.1	INTRODUCCIÓN	22
3.2	LA CONCEPTUALIZACIÓN TRADICIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN	22
3.2.1	<i>MÉTODO CPM-PERT</i>	24
3.2.2	<i>REGLAS BÁSICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA RED DE CPM-PERT</i>	24
3.2.3	<i>RUTA CRÍTICA</i>	24

3.2.4	<i>ELABORACIÓN DE DIAGRAMA GANTT BASADO EN EL DIAGRAMA DE RED CPM-PERT</i>	25
3.2.5	<i>AJUSTES DE TIEMPO – COSTO</i>	25
3.3	PRODUCTIVIDAD Y CONSTRUCCIÓN.-	27
3.4	SITUACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN COMO SECTOR INDUSTRIAL Y SU PRODUCTIVIDAD.-	28
3.5	CONCEPTO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	30
3.5.1	<i>CAUSAS DE PÉRDIDAS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD</i>	31
3.6	CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE PÉRDIDAS EN LA CONSTRUCCIÓN	33
3.7	HERRAMIENTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN	35
3.7.1	<i>Contenido de trabajo de una actividad de construcción</i>	36
3.7.2	<i>Muestreo de trabajo</i>	36
3.7.3	<i>Encuesta de detenciones y demoras</i>	38
3.7.4	<i>Encuesta de identificación de pérdidas</i>	39
4	DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS COMPLEMENTARIOS AL SISTEMA DE LEAN CONSTRUCTION.	42
4.1	JUSTO A TIEMPO (JIT)	42
4.1.1	<i>DEFINICIÓN Y OBJETIVOS PRINCIPALES DEL JUST IN TIME (JIT)</i>	42
4.1.2	<i>GEMBA KAIZEN</i>	45
4.1.3	<i>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL JIT</i>	47
4.2	TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM)	49
4.2.1	<i>DEFINICIÓN DEL TQM</i>	49
4.2.2	<i>LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.-</i>	49
4.2.3	<i>COSTO DE LA NO CALIDAD</i>	51
4.3	SISTEMA LAST PLANNER O ÚLTIMO PLANIFICADOR	52
4.3.1	<i>DEFINICIÓN DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LP)</i>	52
4.3.2	<i>EL PLAN MAESTRO</i>	55

4.3.3	<i>PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (PI)</i>	55
4.3.4	<i>PLANIFICACIÓN SEMANAL</i>	57
4.3.5	<i>MEDICIÓN Y TOMA DE DECISIONES</i>	58
4.3.6	<i>REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL (RPS)</i>	60
4.3.7	<i>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SUP</i>	62
5	APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION Y SUS MODELOS COMPLEMENTARIOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ECUADOR	64
5.1	LEAN CONSTRUCTION EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE VIVIENDA EN EL ECUADOR.....	64
5.1.1	<i>FASE DE PLANEACIÓN</i>	64
5.1.2	<i>FASE DE DISEÑO</i>	67
5.1.3	<i>FASE DE CONSTRUCCIÓN</i>	69
5.1.4	<i>FASE DE ENTREGA Y LIQUIDACIÓN</i>	72
5.2	PROYECTO DE ESTUDIO: CONSTRUCCIÓN CASAS DE INTERÉS SOCIAL.....	74
5.2.1	<i>GENERALIDADES Y UBICACIÓN DEL PROYECTO DEL PROYECTO</i>	74
5.2.2	<i>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A SER UTILIZADOS EN EL PROYECTO</i>	75
5.2.3	<i>SELECCIÓN DE MUESTRAS</i>	75
5.2.4	<i>DOCUMENTACIÓN CONTRACTUAL DEL PROYECTO</i>	75
5.2.5	<i>PLANIFICACIÓN TRADICIONAL MÉTODO CPM-PERT</i>	80
5.2.6	<i>PLANIFICACIÓN LEAN CONSTRUCTION</i>	91
5.2.7	<i>PROGRAMA MAESTRO</i>	96
5.2.8	<i>PLANIFICACIÓN INTERMEDIA</i>	96
5.3	AJUSTES DE TIEMPO – COSTO.....	102
5.4	ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS DE MUESTRAS.....	103
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
6.1	CONCLUSIONES.....	108
6.2	RECOMENDACIONES.....	109

7	BIBLIOGRAFÍA:	110
	ALARCÓN. (1993).....	110
8	FOTOGRAFÍAS:	111
9	ANEXOS 1	114

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CUADRO COMPARATIVO DE VALORES DEL PIB PER CÁPITA	13
TABLA 2. DATOS DEL CRECIMIENTO PORCENTUAL DE LA CONSTRUCCIÓN	15
TABLA 3. EMPLEO SEGÚN RAMA DE ACTIVIDAD	16
TABLA 4. PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN	17
TABLA 5. FORMATO DE MUESTREO DE TRABAJO	33
TABLA 6. FORMATO DE ENCUESTA DE DETENCIONES Y ESPERAS	34
TABLA 7. FORMATO DE ENCUESTA DE IDENTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS	36
TABLA 8. EJEMPLO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA Y CUADRO DE RESTRICCIONES NEGATIVAS	50
TABLA 9. EJEMPLO DE PLANIFICACIÓN INTERMEDIA Y CUADRO DE RESTRICCIONES NEGATIVAS Y POSITIVAS	50
TABLA 10. REGISTRO DE PLANIFICACIÓN SEMANAL	51
TABLA 11. EJEMPLO DE PAC	52
TABLA 12. FALLAS Y SOLUCIONES DE UN PROYECTO	62
TABLA 13. PRESUPUESTO PROYECTO CONSTRUCCIÓN CASAS CHUMILLOS	67
TABLA 14. CRONOGRAMA VALORADO PROYECTO CASAS CHUMILLOS	68
TABLA 15. LISTADO DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN CASA CHUMILLOS	74
TABLA 16. DIAGRAMA DE GANTT PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE CASAS CHUMILLOS	75
TABLA 17. CRONOGRAMA VALORADO DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE CASAS CHUMILLOS	77
TABLA 18. DIAGRAMA DE GANTT PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE CASAS CHUMILLOS	80
TABLA 19. PLANIFICACIÓN INTERMEDIA PROYECTO CONSTRUCCIÓN CASAS CHUMILLOS	84
TABLA 20. PLANIFICACIÓN SEMANAL PROYECTO CONSTRUCCIÓN CASAS CHUMILLOS	86
TABLA 21. CONTROL DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN CASAS CHUMILLOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. "APPLICATION OF THE NEW PRODUCTION PHILOSOPHY TO CONSTRUCTION"	6
FIGURA 2. ESQUEMA DE LOS DESPERDICIOS	8
FIGURA 3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	10
FIGURA 4. DATOS SOBRE LAS CUENTAS NACIONALES DEL BANCO MUNDIAL Y ARCHIVOS DE DATOS SOBRE CUENTAS NACIONALES DE LA OCDE.	13
FIGURA 5. PARTICIPACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	18
FIGURA 6. BAJA PRODUCTIVIDAD	19
FIGURA 7. ALTA PRODUCTIVIDAD	20
FIGURA 8. CICLO DE PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	20
FIGURA 9. PROCESO CLÁSICO DE CONVERSIÓN DE UNA ENTRADA EN UNA SALIDA.....	22
FIGURA 10. CAUSAS DE PÉRDIDAS EN LA PRODUCTIVIDAD	28
FIGURA 11. CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE LAS PÉRDIDAS	30
FIGURA 12. LOS 4 PILARES DEL JIT.....	37
FIGURA 13. RÍO DE LAS EXISTENCIAS.....	38
FIGURA 14. APLICACIÓN DE LAS 5'S.....	39
FIGURA 15. MUDAS CLÁSICAS	41
FIGURA 16. GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL	43
FIGURA 18. TRILOGÍA DE LA CALIDAD SEGÚN JURAN	45
FIGURA 19. METODOLOGÍA SISTEMA LAST PLANNER.....	47
FIGURA 20. METODOLOGÍA SISTEMA LAST PLANNER.....	48
FIGURA 21. METODOLOGÍA SISTEMA LAST PLANNER.....	49
FIGURA 22. REGISTRO DE PLANIFICACIÓN SEMANAL.....	51
FIGURA 23. WBS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CASAS EN CHUMILLOS.....	58
FIGURA 24. MODELO BIM CASA CHUMILLOS	60
FIGURA 25. FASES DE VIDA DE UN PROYECTO	60
FIGURA 26. CROQUIS PROYECTO CHUMILLOS	64
FIGURA 27. NIVELES DE ACTIVIDAD CASA A.....	71

FIGURA 28. DISTRIBUCIÓN DE TRABAJO CONTRIBUTIVO CASA A.	71
FIGURA 29. DISTRIBUCIÓN DE TRABAJO NO CONTRIBUTIVO CASA A	72
FIGURA 30. RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE CASAS CHUMILLOS	76
FIGURA 31. CURVA DE INVERSIÓN MÉTODO TRADICIONAL DEL PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE CASAS CHUMILLOS	77
FIGURA 32. NIVELES DE ACTIVIDAD CASA B.....	78
FIGURA 33. NIVELES DE ACTIVIDAD CASA B.....	79
FIGURA 34. NIVELES DE ACTIVIDAD CASA B.....	79
FIGURA 35. RUTA CRÍTICA PROYECTO CONSTRUCCIÓN CASAS CHUMILLOS	81
FIGURA 36. COMPARACIÓN DE TIEMPO DE EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES MÉTODO TRADICIONAL Y S.U.P.....	90
FIGURA 37. COMPARACIÓN DE TIEMPOS DE CADA CASA.	91
FIGURA 38. COMPARACIÓN GASTO MANO DE OBRA MÉTODO S.U.P. Y MÉTODO TRADICIONAL	91
FIGURA 39. COMPARACIÓN GASTO MATERIALES MÉTODO S.U.P. Y MÉTODO TRADICIONAL.....	92
FIGURA 40. COMPARACIÓN GASTO TOTAL MÉTODO CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDA Y TRADICIONAL.....	92

RESUMEN

Lean construction es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Para contribuir a tal fin, Ballard y Howell diseñaron un nuevo sistema de planificación y control denominado “Last planner”, con cambios fundamentales en la manera como los proyectos de construcción se planifican y controlan. El Sistema del Último planificador, tiene varios niveles de planificación donde se refina el plan y reduce la incertidumbre, considerando solo lo que pueda hacerse, y no lo que deba realizarse. De esta manera se mantienen los objetivos presentes y el equipo del proyecto puede ayudar a remover obstáculos para alcanzarlos, de tal forma la planificación no solo son intenciones sino, un compromiso de trabajo activo para diseñar la manera de realizar las actividades. Este sistema asegura un flujo de trabajo continuo y el cumplimiento de las actividades de un plan a través de planificaciones más confiables con el que es posible alcanzar un nivel de producción más óptimo.

PALABRAS CLAVES:

- **CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**
- **ÚLTIMO PLANIFICADOR**
- **CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN**
- **LOGÍSTICA DE CONSTRUCCIÓN**
- **MALA CALIDAD**

SUMMARY

Lean construction is a new philosophy guided toward construction production administration. It's main objective is the elimination of non – adding activities (losses). In order to contribute to such aim Ballard and Howell, designed a new planning and control system, known as the Last planner system, with fundamental changes in the way construction projects are planned and controlled. The Last Planner System, it has many levels of planning where the plan is refined and the uncertainty is reduced, considering only what can become and not what must be realized, this way the present objectives stay and the equipment of the project can help to remove obstacles to reach it, this way the planning is not only intentions, but commitment of active work to design the form to realize the activities.

KEY WORDS:

- **CONSTRUCTION OF DWELLINGS**
- **LAST PLANNER**
- **QUALITY OF THE CONSTRUCCION**
- **LOGISTICS OF CONSTRUCTION**
- **BAD QUALITY**

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En la actualidad se está buscando la manera de cambiar la metodología tradicional de la construcción y como consecuencia de esta búsqueda, surge una nueva filosofía Lean Construction o Construcción sin Pérdidas, filosofía que tienen por objeto optimizar recursos, costos y tiempos basándose en la teoría de la Production Lean.

Esta nueva filosofía de producción tiene sus orígenes en Japón desde el año 1950, después de la segunda guerra mundial, filosofía que fue aplicada en el Sistema Toyota, dirigida por el Ingeniero Ohno.

El objetivo principal de Ohno fue producir un coche que satisfaga las necesidades de un determinado cliente, entregándole a tiempo y sin intermediarios. El Lean Production o Sistema Toyota ha servido de base para la elaboración de las cadenas críticas, teoría de las restricciones y mejoramiento continuo, propuesto por el físico israelí Eliyahu Goldratt, en su libro La Meta, Teoría de las Restricciones, Las Cadenas Críticas y No fue la suerte (2º parte de La Meta), que ha revolucionado la administración de negocios y por su extensión a la Construcción.

A comienzos de los años 90s, en Finlandia, Goldratt crea una nueva filosofía de Planificación de Proyectos, siguiendo como modelo el Lean Production, en donde Koskela (Miembro fundador del Grupo Internacional de Lean Construction) sistematiza los conceptos de la administración moderna (Banchmarking, Mejoramiento Continuo, Justo a Tiempo), junto con la ingeniería de métodos reformula los conceptos tradicionales de planificación y control de obras.

Koskela propone esta nueva filosofía de Control de producción en su tesis de Doctorado "Application of the New Production Philosophy to Construction", tesis que fue elaborada en el año 1992.

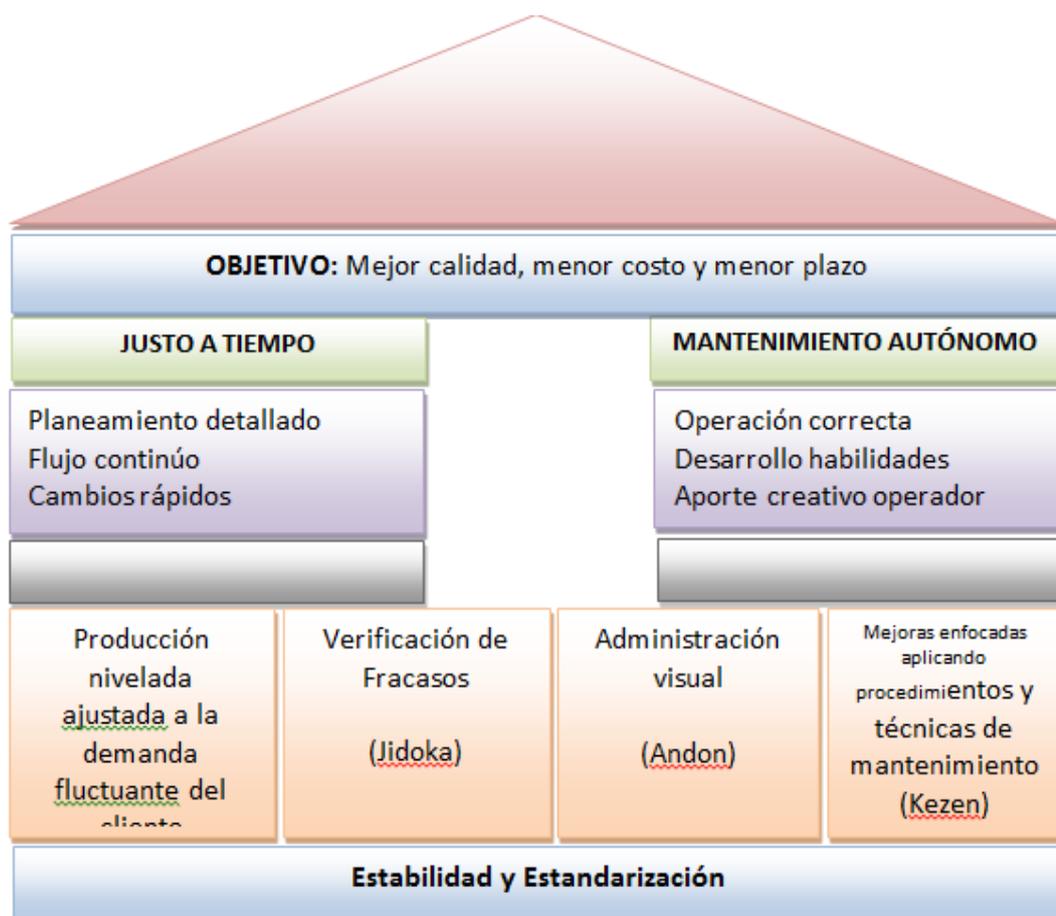


Figura 1. "Application of the New Production Philosophy to Construction"

Fuente: Koskela (1992)

1.2 ASPECTOS GENERALES

En el desarrollo de la economía ecuatoriana, el sector de la construcción se ha convertido en uno de los sectores más importantes, ya que su dinámica, es un motor que impulsa permanentemente el progreso de la sociedad.

El sector de la construcción en la actualidad ha logrado satisfacer las necesidades de la población, desarrollando proyectos de infraestructura y soluciones de vivienda, creando fuentes de trabajo (mano de obra calificada y no calificada) y generando una importante actividad en sectores económicos del Ecuador.

A pesar de que la industria de la construcción es importante en la economía de nuestro país, es una actividad que se caracteriza por tener grandes deficiencias y

carece de efectividad, por tal motivo existen grupos de empresarios y académicos entendidos que han visto la necesidad de mejoramiento tomando en cuenta cambios como:

- Mayor competitividad con empresas extranjeras.
- Capacitación en nuevas tecnologías, que permitan elaborar proyectos nuevos e innovadores.
- Cumplimiento de normas de calidad nacional e internacionales.
- Planificar con anticipación y cumplir con plazos y costos en los proyectos.

Por lo anteriormente expuesto, se ha considerado a la construcción como un sector diferente de la producción industrial, es decir, que las herramientas y estrategias que se aplican a los procesos industriales, no son aplicables a la construcción.

Es importante acotar que en el ámbito de la construcción pueden presentarse factores que no se pueden predecir como: condiciones climáticas, las características del terreno, los rendimientos de mano de obra, que hacen que esta, requiera de una administración muy eficiente.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

Actualmente los proyectos de vivienda han tomado fuerza en gran parte del territorio nacional, esto debido a que la situación económica del país ha venido mejorando los últimos años lo que ha incentivado a muchas personas a adquirir techo en lugar de pagar arriendo, esta motivación ha hecho que las empresas constructoras se interesen cada vez más por desarrollar este tipo de proyectos.

En la construcción de proyectos de viviendas y otros, se presentan altos índices de desperdicio de materiales y tiempo, lo cual se ve reflejado en sobrecostos, bajos niveles de productividad, retrasos en la programación de obra y reducción del margen de utilidad.

La construcción ecuatoriana presenta varios factores que afectan a la utilidad final esperada debido al incremento de los desperdicios de la construcción como:

- Sobreproducción.
 - Mayor número de cuadrillas (obreros), que el requerido para el proyecto.
 - Mala planificación y bodegas llenas de materiales desordenados e innecesarios.

- Tiempo ocio, debido a la espera de:
 - Materiales,
 - Direcciones,
 - Informaciones,
 - Trabajos realizados,

- Inventario.
 - Adquisición de materiales y equipos innecesarios.
 - Desperdicio de material debido a la caducidad de tiempo de uso

- Movimiento.
 - Mala ubicación de almacenamiento de materiales.
 - Trabajos repetitivos.

- Esfuerzo.
 - Viajes innecesarios debido a olvido o confusión de planos, olvido de materiales o herramientas que no están en obra, buscando información.
 - Falta de comunicación entre el personal de obra y oficina.

- Reproceso
 - Corrigiendo el trabajo debido a errores,
 - Modificaciones de último momento.

- Procesamiento
 - Rehaciendo el trabajo debido a que este no puede ser compartido con otros.
 - Reportes, informes, oficios y correos innecesarios.
 - Agilizando material no solicitado a tiempo.

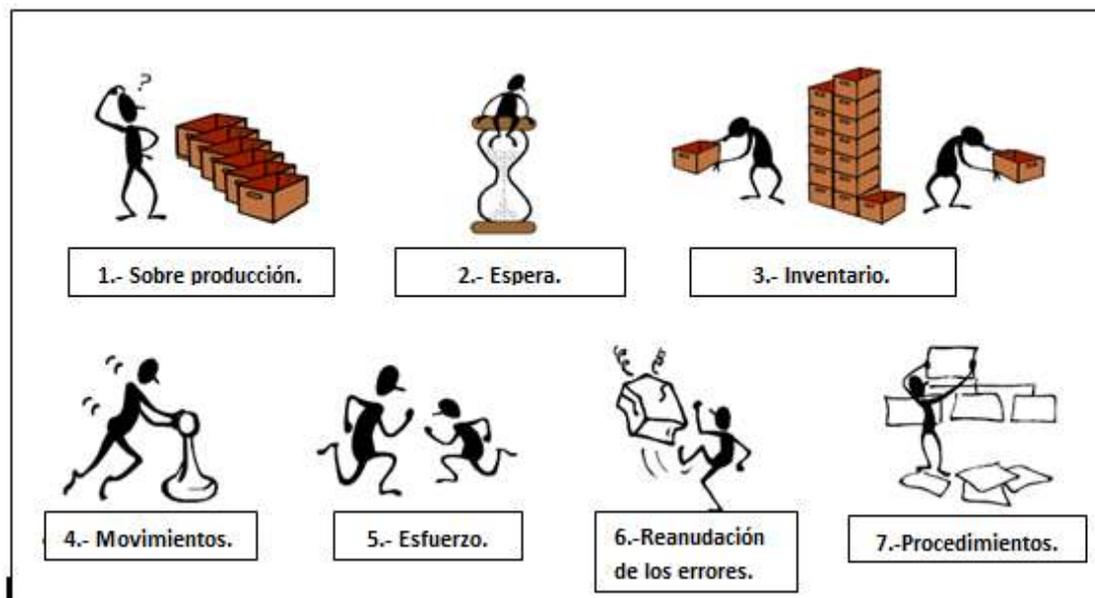


Figura 2. Esquema de los desperdicios

Lira en 1996, demostró que una buena planificación representa aproximadamente sólo un 10% del costo total del proyecto, sin embargo en el Ecuador al hablar de planificación, hablamos de elaboración de consultorías (estudios y diseño respaldados con hojas de cálculo, memoria técnica, planos, especificaciones técnicas, presupuesto, análisis de precios unitarios y cronograma), documentos primordiales durante la ejecución de un proyecto.

(Picchi, 1993), en su tesis doctoral nos muestra unas estimaciones de los desperdicios generados en proyectos de edificación en Sao Paulo, afirma que “Existe un 30% del costo total de la obra compuesta por desperdicios, esto quiere decir que si tuviéramos por ejemplo un proyecto de 3 torres de departamentos, la tercera de ellas la podríamos construir con los desperdicios de los otros dos”.

Por lo anteriormente anotado, surge la idea de investigar la filosofía de Lean Construction o Construcción sin Pérdidas en la construcción en el Ecuador, cuya función es minimizar o eliminar todas aquellas fuentes que implique pérdidas, en el entendido que estas pérdidas implican menor productividad, menor calidad, más costos, etc.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar y aplicar la filosofía de Lean Construction o Construcciones sin pérdidas en la construcción de viviendas en el Ecuador.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Demostrar que con una correcta planificación, un fuerte control de seguimiento de obra y un registro completo bien llevado, se puede mejorar la utilidad en la construcción.
- Conocer las fuentes de pérdidas en los procesos constructivos en el Ecuador, cuantificar los impactos asociados con dichas pérdidas, analizar las causas raíz de las principales pérdidas.
- Promover la comprensión y el uso de estrategias de mejoramiento a través de herramientas formales y el uso de indicadores de desempeño del proceso de planificación, particularmente del proyecto.
- Cuantificar el porcentaje de ahorro que se puede obtener con una correcta planificación, un estricto control de obra y cumplimiento de plazos establecidos.

1.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología es un camino para investigar, conocer y descubrir, los pasos a seguir para el desarrollo deductivo de este trabajo son los siguientes:

- Recopilación de bibliografía, acerca de la filosofía de Lean Construction o Construcción sin pérdidas, para contar con una base conceptual.
- Definición base conceptual, van desde las más básicas hasta las más especializadas.

- Implementación del Sistema de Lean Construction o Construcción sin pérdidas en un proyecto de construcción de casas en el Ecuador.
- La forma de medir los efectos que causen la implementación de esta filosofía nueva, controlando por un lado la productividad de las cuadrillas y por el otro, el avance físico de la obra. Adicionalmente, se obtendrá el porcentaje de actividades competas (PAC) y se llevará un registro de las causas de no cumplimiento (CNC).
- Finalmente, se analizarán los datos obtenidos conclusiones y recomendaciones acerca de que tan eficiente es el sistema en estudio y que mejoras se pueden realizar.

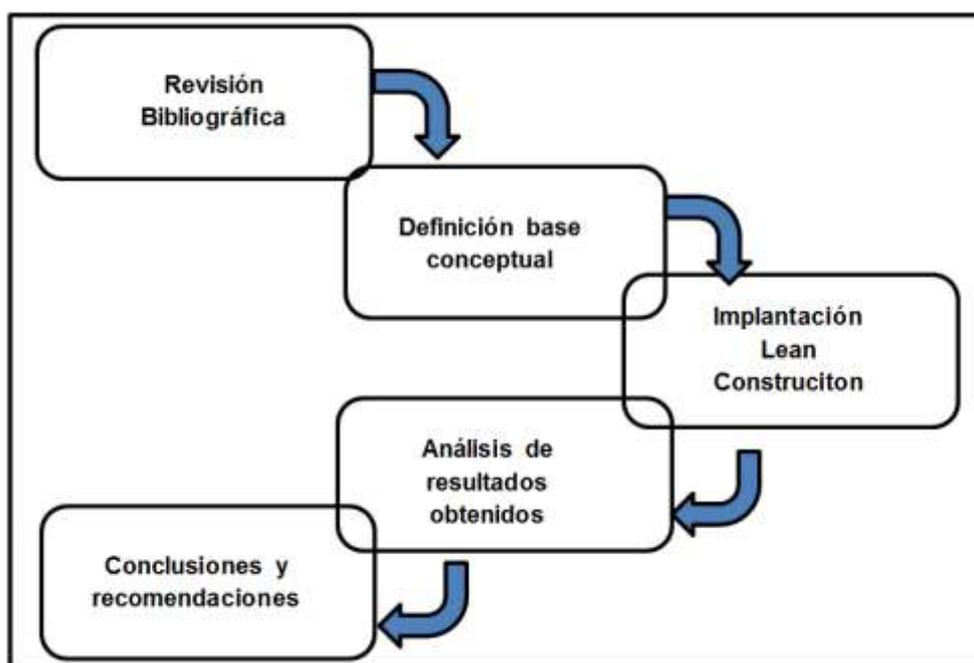


Figura 3. Metodología de Estudio

En la figura 3., podemos ver un esquema que resume lo anteriormente descrito.

1.6 RESULTADOS ESPERADOS.

Los resultados tangibles e intangibles que se esperan obtener son los siguientes:

- Confirmar que el sistema de planificación y control genera importantes mejoras en el desempeño general del proyecto.

- Obtener una mejora considerable en la planificación de la obra. Indudablemente, si se tiene una mejor planificación, se espera también que los plazos de las actividades y las fechas establecidas sufran sólo pequeñas modificaciones con respecto a su fecha originalmente fijada.
- La detección de los aspectos en los cuales el sistema esté más débil nos permitirá sugerir mejoras y obtener una herramienta de trabajo y de planificación más eficaz.
- Generar un flujo de trabajo continuo que acarrea una mayor productividad y porcentaje de actividades programadas completadas.
- Mejora sustancial del trabajo en equipo y del compromiso en su trabajo observado por parte de los trabajadores.

CAPÍTULO 2

2 MARCO ECONÓMICO DE LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR

2.1 INTRODUCCIÓN

Según datos tomados de (Gualavisí , 2011)La construcción es uno de los sectores más importantes en el crecimiento de la economía del Ecuador. Este sector comprende empresas constructoras e industriales de insumos, y su alto grado de vinculación con otros sectores influye de manera significativa en la dinámica de la economía.

Otras actividades como: la minería no metálica, la carpintería, la electricidad, la plomería, el transporte, la fabricación de aparatos electrónicos, son sectores a los que se ligan al sector de la construcción, por lo que una paralización de este tiene repercusiones directas e indirectas en las industrias auxiliares.

La construcción es intensiva en mano de obra, y su nivel de actividad influye en el nivel de empleo de la economía y en la dinámica del mercado laboral. En otras palabras, es un sector que crea fuentes de trabajo, es decir, por cada trabajo generado en el área de la construcción, se generan otros trabajos en distintos sectores de la economía vinculados al mismo.

El sector de la construcción ecuatoriano experimentó una recuperación y luego crecimientos significativos a partir de la instauración de la dolarización, varios aspectos contribuyeron a esta evolución.

Según (Arboleda, 2011) otro factor de apoyo para el sector de la construcción fue el aumento significativo de las remesas de los migrantes, buena parte de las cuales son destinadas a la adquisición de vivienda, así como los ahorros provisionales correspondientes a jubilaciones y cesantías, que se destinaron a inversiones inmobiliarias.

No obstante, la construcción puede ser volátil, su evolución está ligada al ciclo económico y a variables políticas, las crisis económicas o la inestabilidad política afectan al sector, así como los auges económicos lo activan y dinamizan.

Sus vínculos con el resto de sectores, los choques externos afectan a las industrias productoras de insumos y materiales utilizados en las construcciones; Por esta razón el Estado suele presentar especial interés a este sector interviniendo de forma directa o indirecta para contrarrestar sus desequilibrios.

Desde el año 2010, el Ministerio de la Vivienda (MIDUVI) y el Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (BIESS) otorgan bonos y préstamos hipotecarios respectivamente, los que han motivado a la población a construir o adecuar su vivienda propia, logrando un crecimiento en el sector de la construcción.

En general, la finalidad de este capítulo es tener una noción del entorno económico que rodea al mercado de la construcción, para lo cual se analizarán algunos indicadores económicos fundamentales que nos ayudarán a hacernos una idea de cuál es la situación económica actual.

2.2 ANÁLISIS MACROECONÓMICO

2.2.1 PRODUCTO INTERNO BRUTO

Primero comenzaremos analizando, qué es el producto interno bruto (PIB). El producto interno bruto (PIB), conocido también como producto bruto interno (PBI), es una medida macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de un país durante un período determinado de tiempo (normalmente, un año).

Una forma de medir las diferencias en el nivel de ingreso entre países es comparando el ingreso per cápita. Si bien no es un indicador de calidad de vida, un ingreso per cápita alto es una condición necesaria para alcanzar una mejor condición de vida. En la clasificación del Fondo Monetario Internacional, en el cuadro 1, se muestra el ranking.

Tabla 1.

CUADRO COMPARATIVO DE VALORES DEL PIB PER CÁPITA

No	PAIS	2009	2010	2011	2012	2013
1	LUXEMBURGO	99.282	102.679	111.913	103.859	111.162
2	CATAR	62.528	71.510	88.861	92.633	93.352
3	NORUEGA	78.457	86.096	99.091	99.636	100.819
4	SUIZA	65.790	70.174	83.270	78.929	80.528
5	DINAMARCA	56.227	56.411	59.912	56.364	58.930
6	KUWAIT	37.161	40.091	51.397	56.367	-
7	CANADA	40.764	47.465	51.791	52.409	51.911
8	SINGAPUR	38.577	46.570	52.871	54.007	55.182
9	ESTADOS UNIDOS	46.999	48.358	49.855	51.755	53.143
10	AUSTRIA	45.872	45.017	49.485	46.792	49.074
11	PAISES BAJOS	48.174	46.773	49.886	45.961	47.617
12	FINLANDIA	44.838	44.134	48.695	45.649	47.219
13	JAPON	39.473	43.118	46.204	46.548	38.492
14	IRLANDA	49.708	45.917	49.387	45.922	47.400
15	BELGICA	43.834	43.151	46.464	43.396	45.387
16	FRANCIA	40.488	39.448	42.578	39.759	41.421
17	ALEMANIA	40.270	40.408	44.355	42.598	45.085
18	ISLANDIA	38.039	39.507	44.019	42.362	45.263
19	OMAN	18.114	20.984	23.133	23.624	22.181
20	BAHAMAS	22.061	21.881	21.490	21.908	-
21	GRECIA	28.695	26.380	26.061	22.395	21.910
22	REPUBLICA CHECA	18.881	18.950	20.585	18.690	18.861
23	RUSIA	8.616	10.710	13.324	14.091	14.612
24	ARGENTINA	9.457	11.460	13.694	14.680	14.760
25	CHILE	10.142	12.682	14.511	15.245	15.732
26	URUGUAY	9.065	11.531	13.961	14.728	16.351
27	POLONIA	11.295	12.304	13.385	12.721	13.432
28	CROACIA	14.044	13.327	14.372	13.159	13.530
29	ANGOLA	3.989	4.219	5.159	5.539	5.668
30	NAMBIA	4.070	5.113	5.615	5.931	5.462
31	CHINA	62.528	71.510	88.861	92.633	93.352
32	TAILANDIA	3.979	4.803	5.192	5.480	5.779
33	SERBIA	5.498	5.073	6.048	5.294	5.935
34	REPUBLICA DOMINICANA	4.703	5.089	5.463	5.733	5.826
35	ARGELIA	3.771	4.350	5.272	5.310	5.361
36	JORDANIA	4.027	4.371	4.666	4.909	5.214
37	JAMAICA	4.522	4.917	5.346	5.464	5.290
38	ECUADOR	4.237	4.501	5.035	5.425	5.720

Fuente: Datos Fondo Monetario Internacional 2013.

La Tabla No.1 nos indica que Ecuador está muy lejos de los países que poseen mayor PIB per cápita, estos datos corroboran que somos un país en vías de desarrollo y que nos queda mucho camino por recorrer aún para llegar a esos niveles de crecimiento.

Para observar cómo ha evolucionado el producto interno bruto de nuestro país a lo largo de los años, tomaremos estadísticas entregadas por el Banco Central del Ecuador.

En la figura No. 4 se puede observar las tasas de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), que el País ha disfrutado en los últimos años, con la excepción de la recesión del 2009. Así, según las cifras del Banco Central del Ecuador, el 2008 creció 7,2%; el 2010 su nivel bajó y llegó a 3.6%; el 2011, el porcentaje repunta nuevamente y se ubica en 6.5%; para finalmente el 2012, según las proyecciones, llegar a 5.3%.

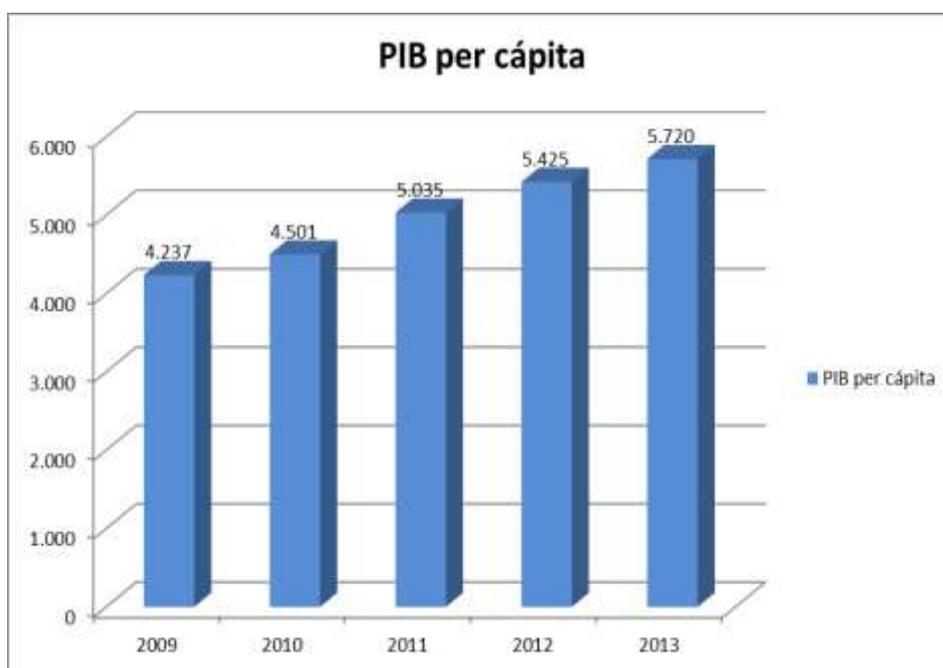


Figura 4. Datos sobre las cuentas nacionales del Banco Mundial y archivos de datos sobre cuentas nacionales de la OCDE.

Fuente: Indicadores del desarrollo mundial

2.2.2 SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Definiendo al sector de la construcción, puede considerarse que comprende la construcción de 4 tipos de edificaciones:

- Infraestructura (incluye la construcción de obras sanitarias o municipales).

- Viviendas.
- Edificaciones.
- Informales (constituidas por construcciones en lugares periféricos).

Uno de los determinantes del comportamiento creciente del sector de la construcción ha sido el incremento de la población, dado que de ahí se origina la necesidad de vivienda.

La vivienda es una de las necesidades básicas indispensables para la sociedad, constituye un derecho fundamental para todos y es parte visible e importante de las condiciones de vida de un hogar, la misma que proporciona bienestar y seguridad a quienes la habitan. Cada sociedad ha diseñado el tipo de vivienda, que responda a sus necesidades, recursos disponibles y medio ambiente natural y social.

Adicionalmente la disponibilidad y acceso a servicios básicos adecuados como agua, servicio higiénico y electricidad permita un nivel de vida aceptable a los seres humanos y se encuentre asociada con mejores condiciones de vida de la población. Una vivienda de condiciones favorables se traduce en un estímulo para el habitante.

- De acuerdo al número de familias que habitan en una parcela, las viviendas residenciales se pueden dividir en 4 categorías diferentes: Categoría 1 (Vivienda Unifamiliar).- Que es la situada en una única parcela con acceso independiente desde la vía o espacio público. En función de su relación con las edificaciones colindantes puede ser pareada o aislada con otras edificaciones.

Dentro de la presente categoría, se consideran como tales los conjuntos de viviendas en edificaciones de una o dos plantas y con acceso independiente que se asienten sobre una parcela mancomunada, con servicios colectivos al servicio de las mismas (piscina, área deportiva, garaje, etc.) y que tengan un régimen de propiedad similar a lo establecido en la Ley de Propiedad Horizontal.

- Categoría 2 (Vivienda Bifamiliar).- Cuando sobre una única parcela se localizan dos viviendas agrupadas, que disponen de acceso común y compartido desde el espacio público en condiciones tales que les pudiese ser de aplicación la Ley de Propiedad Horizontal.
- Categoría 3 (Vivienda Multifamiliar).- Cuando sobre una única parcela se localizan varias viviendas agrupadas, que disponen de acceso común y compartido desde el espacio público en condiciones tales que les pudiese ser de aplicación la Ley de Propiedad Horizontal.
- Categoría 4 (Residencia colectiva).- Sobre una única parcela en donde los habitantes no tienen condición de familia, entre las que se encuentran las residencias de ancianos, las residencias de religiosas, colegios mayores, etc.

En Ecuador, hay una demanda considerable de vivienda debido a:

- El alto déficit que existe en el sector.
- Las facilidades que tiene un trabajador para obtener una casa propia, ya que han mejorado notablemente.
- Facilidades que se les ha dado a los Constructores con instituciones, con el Banco del IESS, para lograr desarrollos considerables.

Todas estas son las causas que han permitido que el sector de la Construcción haya sido uno de los que más ha crecido en los últimos meses.

Desde que comenzó la dolarización nunca hubo un crecimiento de la economía tan alto como el registrado en el primer trimestre de 2011, producto de la dinámica de la Construcción, que creció debido a la infraestructura física y a los bonos de vivienda proveídos por el Estado, y a los recursos financieros suministrados por el banco del IESS.

Esto ha permitido que el sector de la construcción crezca, tal como lo indican los datos de la siguiente tabla, evaluando el crecimiento del sector de la construcción respecto al PIB.

Tabla 2.

Datos del Crecimiento Porcentual de la Construcción

PERÍODO	CONSTRUCCIÓN	PIB	% DEL PIB
2000	2'253.623	37'726.410	5.97
2001	2'778.936	39'241.363	7.08
2002	3'361.411	40'848.994	8.23
2003	3'328.791	41'961.262	7.93
2004	3'501.923	45'406.710	7.71
2005	3'802.202	47'809.319	7.95
2006	3'976.996	49'914.615	7.97
2007	4'016.663	51'007.777	7.87
2008	4'371.989	54'250.408	8.06
2009	4'678.672	54'810.085	8.54
2010	4'906.468	56'602.576	8.67
2011	5'964.496	61'121.469	9.76
2012	6'147.831	63'000.203	10.06
2013	6'147.831	63'000.203	10.06

Fuente: Banco Central del Ecuador 2013.

Así podemos observar que el sector de la construcción fue uno de los que más crecimiento presentó durante los últimos años. Sólo en el año 2011, aportó 5 954.5 millones al Producto Interno Bruto y en el año 2013 aportó 6 147.8 millones al PIB.

Otro aspecto relevante que evidencia el crecimiento del sector, se atribuye a la confianza que los inversionistas extranjeros han puesto en los proyectos inmobiliarios que están en marcha en Ecuador. A esta favorable situación también contribuye la estabilidad del coste de la mano de obra y el déficit de viviendas que existe en el país.

2.2.3 EMPLEO GENERADO POR LA CONSTRUCCIÓN

En la industria de la construcción existen actividades las cuales requieren de mano de obra calificada y no calificada, necesita profesionales con experiencia y entrenamiento especializado (arquitectos e ingenieros para el diseño y monitoreo de la obras), también requiere de personal que no necesariamente un conocimiento especializado para que ejecute las obras (maestros de obra, albañiles y peones).

La Población Económicamente Activa (PEA), según la el Sistema Integrado de Encuestas – Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo, Indicadores Laborables – Diciembre 2013 – 15 años y más INEC, a Diciembre de 2013 superó los 6.9 millones de personas, representando el 45% de la población del país.¹

En las principales ramas de actividad, en las que la población ecuatoriana se ocupa son las siguientes:

Tabla 3.
Empleo según Rama de Actividad

Ocupados por rama	dic-07	dic-08	dic-09	dic-10	dic-11	dic-12	dic-13	Diferencia de Dic13 - Dic12
G. Comercio, reparación vehículos	26,94%	25,77%	25,87%	26,18%	26,95%	26,47%	23,31%	-43,48%
C. Industrias manufactureras	12,98%	13,50%	12,81%	13,42%	12,92%	12,69%	13,27%	25,58%
F. Construcción	7,49%	7,32%	7,98%	7,27%	6,72%	6,86%	8,14%	35,34%
A. Agricultura, ganadería caza y silvicultura y pesca	7,43%	7,76%	7,64%	7,07%	7,75%	7,19%	7,05%	4,81%
H. Transporte y almacenamiento	6,29%	6,05%	6,14%	6,41%	7,26%	7,13%	6,86%	1,95%
L. Hoteles y restaurantes	6,32%	6,22%	5,95%	5,74%	6,43%	6,73%	6,75%	7,10%
P. Enseñanza	6,64%	6,69%	6,75%	7,61%	6,57%	6,79%	6,62%	3,10%
O. Administración pública, defensa y seguridad social	4,29%	4,75%	4,02%	4,42%	4,83%	4,84%	4,93%	6,97%
S. Otras actividades de servicios	3,87%	4,10%	4,07%	4,05%	3,37%	3,52%	3,87%	11,33%
N. Actividades y servicios administrativos y de apoyo	2,39%	2,54%	2,61%	2,77%	3,10%	3,20%	3,76%	15,73%
T. Actividades en hogares privados con servicio doméstico	4,26%	4,21%	4,12%	3,43%	2,73%	2,85%	3,58%	18,95%
Q. Actividades, servicios sociales y de salud	3,16%	3,32%	3,18%	3,33%	3,66%	3,71%	3,25%	-6,54%
M. Actividades profesionales, científicas y técnicas	2,37%	2,27%	2,50%	2,52%	2,41%	2,88%	2,51%	-5,27%
I. Información y comunicación	1,83%	1,76%	2,18%	1,83%	1,40%	1,61%	1,58%	0,99%
K. Actividades financieras y de seguros	1,27%	1,29%	1,19%	1,11%	1,50%	1,28%	1,52%	6,43%
R. Artes, entretenimiento y recreación	0,95%	0,92%	0,97%	0,95%	0,93%	0,55%	0,79%	5,86%
B. Explotación de minas y canteras	0,45%	0,46%	0,52%	0,48%	0,34%	0,40%	0,71%	7,30%
E. Distribución de agua, alcantarillado	0,38%	0,30%	0,42%	0,39%	0,38%	0,36%	0,59%	5,45%
D. Suministros de electricidad, gas, aire acondicionado (*)	0,36%	0,37%	0,54%	0,41%	0,38%	0,32%	0,42%	2,59%
L. Actividades inmobiliarias (*)	0,32%	0,40%	0,52%	0,60%	0,34%	0,59%	0,42%	-3,39%
U. Actividades de organizaciones extraterritoriales (**)	0,00%	0,00%	0,02%	0,01%	0,02%	0,04%	0,07%	0,65%
No especificado (**)	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,02%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)

Como podemos observar en la Tabla No. 3, para Diciembre del 2013, el sector de la construcción emplea el 8.14% de PEA (Población Económicamente Activa). (INEC, Diciembre 2013)

2.2.4 PERMISOS DE CONSTRUCCION

Otra forma de medir la actividad del sector de la construcción es viendo el número de permisos de edificaciones aprobados anualmente, lo cual es presentado en la tabla 4.

Tabla 4.

Permisos de Construcción

ENCUESTA DE EDIFICACIONES (Permisos de construcción)				
S E R I E H I S T Ó R I C A 2 0 0 0 - 2 0 1 2				
AÑOS	TOTAL DE PERMISOS DE CONSTRUCCIÓN	CONSTRUCCIONES RESIDENCIALES	CONSTRUCCIONES NO RESIDENCIALES 1/	VIVIENDAS PROYECTADAS
2000	20112	17364	2748	24099
2001	21968	18986	2982	26259
2002	22267	19829	2438	27123
2003	24762	22497	2265	30270
2004	27503	24367	3136	33994
2005	24556	22167	2389	31683
2006	26584	23892	2692	35788
2007	34787	31801	2986	57012
2008	34653	31634	3019	45310
2009	38936	35057	3879	61079
2010	39657	35145	4512	66678
2011	42042	38517	3525	72350
2012	36617	32669	3948	106226

1/ Incluye las construcciones Mixtas, aquellas que tienen un área destinada al comercio, a los servicios, y otra a vivienda. Por ejemplo la primera planta es un local comercial y las restantes viviendas.

Fuente: INEC

En la tabla 4, podemos analizar que entre los años 2000 y 2012, se ha tenido un aumento en los permisos de construcción del 45.07%, dato que se ha mantenido durante el año 2013.

Si consideramos todos los puntos anteriores, podemos suponer que dado un PIB mayor que el obtenido en el año 2013, una disminución en la tasa de desempleo y el mismo número de permisos de construcción con respecto al 2013, en el 2014,

esperamos un mejor comportamiento del sector económico de esta industria que será favorable para todo el país.

2.2.5 PARTICIPACIÓN PÚBLICA Y PRIVADA EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

El dinamismo en este sector se explica por la inyección de recursos de los sectores público y privado. Los préstamos son destinados para las constructoras y para las personas que adquieren las viviendas.

A continuación presentaremos información tomada de Invec Corporación de inversiones a cerca de la participación Pública y Privada en el sector de la Construcción.

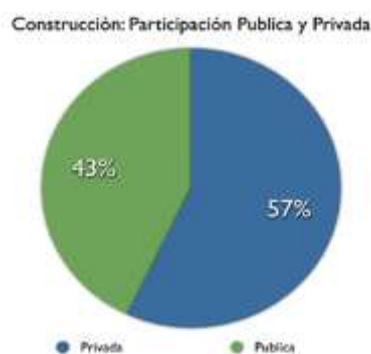


Figura 5. Participación Pública y Privada en el sector de la Construcción

Fuente: Invec Corporación de inversiones

Como podemos observar en la Figura No. 5, la participación del sector público es mayor que la participación del sector privado en el sector de la construcción.

2.3 CONCEPTOS DE PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

Productividad es “la medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un proyecto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado” (Serpell, 1999)

Debido a que la construcción es un proceso productivo, éste debe contar con una correcta administración ya que es preciso contar con una buena planificación,

organización, coordinación, dirección y control de todas las actividades del sistema productivo de manera de convertir los materiales en un producto terminado (obra) a través de un proceso de alta productividad.

Se entiende como productividad a la relación entre lo producido (insumos y recursos) y lo consumido, (recursos utilizados). Según **(Botero L. , 2004)** en la industria de la construcción se puede encontrar diferentes clases de productividad dependiendo de los insumos y recursos utilizados, así tenemos que:

- *Productividad de materiales*, por su costo es importante evitar los desperdicios.²
- *Productividad de mano de obra*, factor fundamental ya que normalmente es el recurso que fija el ritmo de trabajo de la construcción, del cual depende la productividad de otros recursos.
- *Productividad de la maquinaria*, muy importante por el alto costo que representa, por lo tanto es necesario racionalizar su uso en los proyectos, evitando tiempos muertos.

Para lograr una buena productividad en la construcción, es importante que todos y cada uno de los que intervienen en la obra, el dueño, el consultor, el constructor, el personal de obra, etc., tengan una buena comunicación.

Existen factores negativos en la productividad de proyectos de la construcción, tales como:

- Falta de comunicación entre consultor y dueño.
 - Entrega de documentos incompletos (falta de especificaciones técnicas).
 - Carencia de control y supervisión a los trabajadores.
 - Sobre población e inadecuada distribución de personal y materiales en la obra.
 - Alta rotación de trabajadores.
 - Falta de cumplimiento de normas de seguridad industrial y salud ocupacional en la construcción.
 - Excesivo control de calidad.
 - Falta de motivación al personal, falta de un buen clima laboral.
-

Así como existen factores negativos en la productividad de proyectos de la construcción, también tenemos factores que tienden a mejorar la productividad tales como:

- Comunicación entre consultor y dueño, uso de modelos a escala.
- Entrega de documentación completa.
- Buen control de supervisión a los trabajadores.
- Programación a intervalos cortos a nivel de cuadrillas. Bodegas estratégicamente ubicadas y ordenas.
- Usar incentivos, estimular un espíritu de competencia de la obra.
- Cumplimiento de normas de seguridad industrial y salud ocupacional en la construcción.
- Uso de materiales y equipos adecuados e innovadores, uso de ayudas computacionales en general.
- Pre-planificación y planificación de las operaciones a realizar diariamente.
- Control de tiempos y movimientos, para mejorar la eficiencia, reducir la fatiga y trabajar racionalmente.

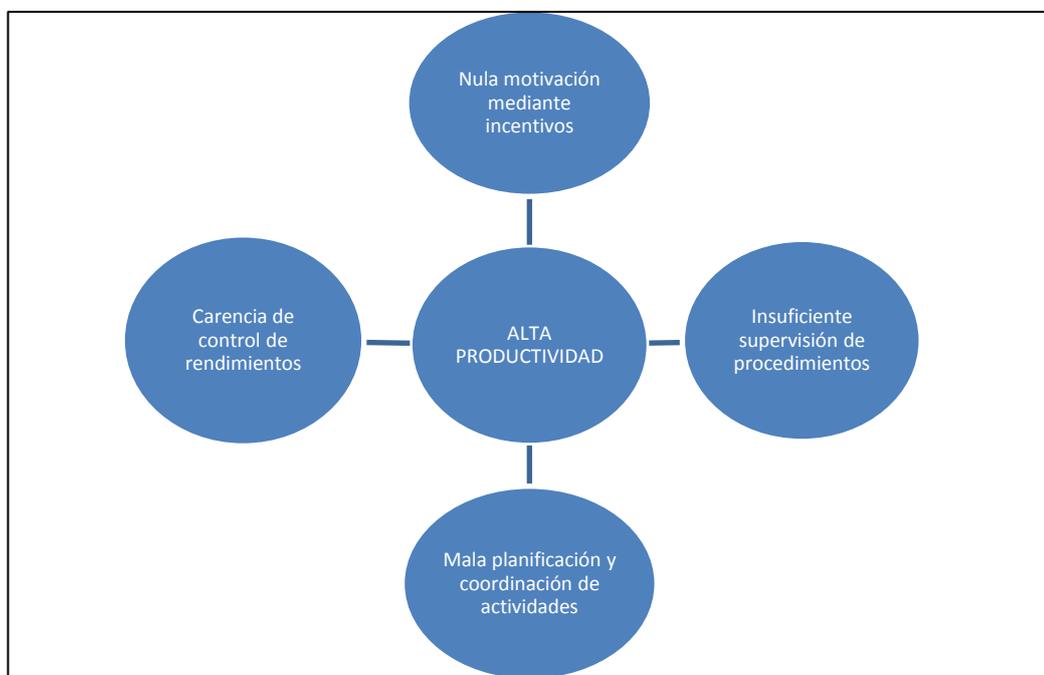


Figura 6. Baja Productividad

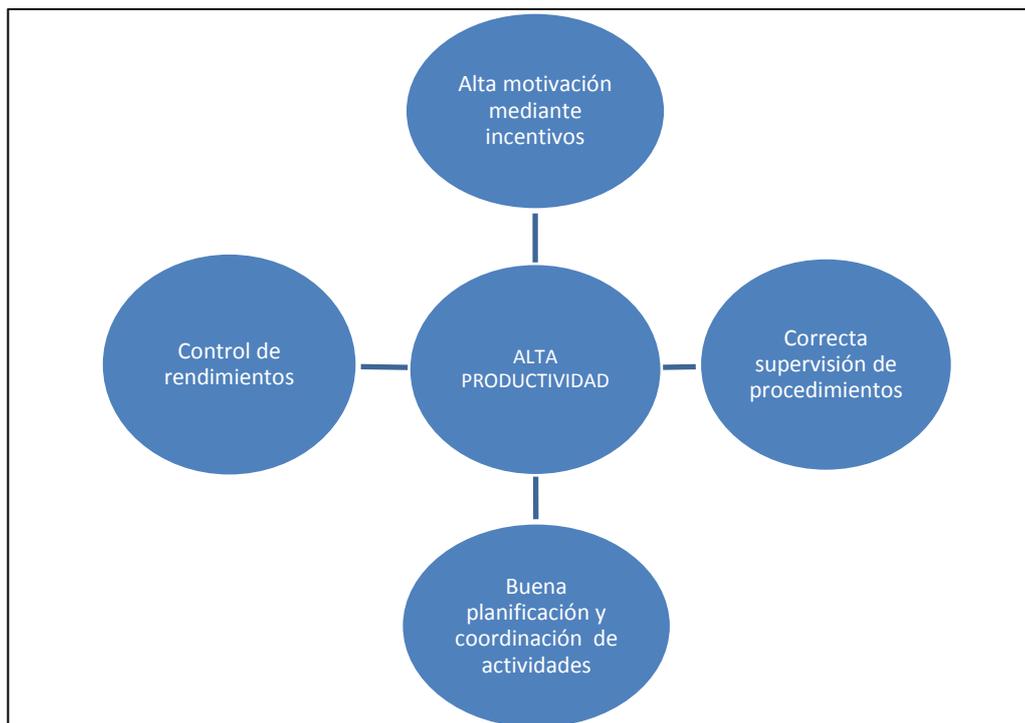


Figura 7. Alta Productividad

Todas y cada una de las personas que intervienen en la construcción deben conocer los factores positivos y negativos de la productividad, para actuar reduciendo los factores negativos y promoviendo los que tienden a mejorar la productividad.



Figura 8. Ciclo de Productividad en la Construcción

Fuente: (ISOVER SAINT- GOBAIN)

(Serpell A. , 1986) concluye que: “La productividad del personal en obra es afectada significativamente por la capacidad del administrador de una obra para planificar, programar y dirigir los trabajos. Las deficiencias del proceso productivo son causadas generalmente por errores y limitaciones de la administración.

Para lograr resultados favorables en la productividad constructiva, el personal encargado de la obra debe planificar de forma anticipada y mantener una amplia comunicación con su equipo de trabajo para lograr un trabajo eficiente y productivo.

CAPÍTULO 3

3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA LEAN CONSTRUCTION COMO FILOSOFÍA DE PLANIFICACIÓN

3.1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción en nuestro medio y en general no ha cambiado en los procesos de diseño y construcción, siguiendo la misma cultura constructora de décadas anteriores. Para cambiar esta tendencia a nivel mundial se han desarrollado algunos procesos de proyectos de construcción empleando nuevas propuestas orientadas a mejorar la concepción de los procesos productivos.

La filosofía Construcción sin Pérdidas (Lean) es básicamente un modelo orientado a obtener los proyectos correctos, en el lugar correcto, en el momento correcto, en la cantidad correcta, minimizando el despilfarro (desperdicio), siendo flexible y estando abierto al cambio.

La nueva filosofía de Lean Construction (Construcción sin pérdidas), filosofía relativamente joven, se ha desarrollado mediante investigaciones y experimentos. Sencillas técnicas permiten identificar las pérdidas (actividades que no agregan valor) y un nuevo sistema de planificación y control de actividades (el último planificador), mejoran la productividad de los proyectos y la competitividad de la industria.

3.2 LA CONCEPTUALIZACIÓN TRADICIONAL DE LA CONSTRUCCIÓN

Como se ha mencionado anteriormente en el capítulo 1.3, la planificación representa aproximadamente sólo un 10% del costo total de un proyecto. Por consiguiente una mala planificación representa la causa principal de los problemas en la construcción y por el contrario, una buena planificación es la clave para lograr una buena eficiencia y efectividad. (Lira, 1996).

Estudios realizados por **(Bernardes, 2001)**, han demostrado que la planificación de la producción y el control habitualmente es ineficaz en las empresas dedicadas a la construcción.

Uno de los principales problemas es el hecho de que la planificación por lo general no se ve como un proceso de gestión, si no como una tarea relacionada con el plan de generación, el control se basa más en la gestión de los contratos que en la gestión de la producción.

La industria de la construcción ha sido entendida tradicionalmente, como un proceso de producción en que, materias primas (entradas) son convertidas o transformadas en productos (salidas), respondiendo a un modelo de producción conocido como “Modelo de Conversión”, el cual se muestra en figura siguiente:

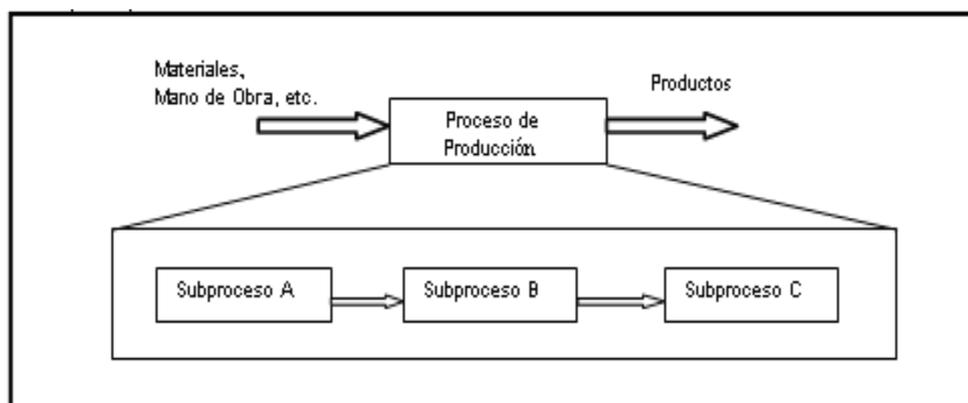


Figura 9. Proceso clásico de conversión de una entrada en una salida

Este modelo de conversión, según **(Lira, 1996)**, tiene errores tales como:

- a. Considera que todas las actividades generan valor y no marca diferencia entre actividades productivas (generan valor) y actividades no productivas (no generan valor).
- b. No considera que el costo de los subprocesos disminuye el costo total del proceso, pues asume que todo el trabajo tiene una secuencia lineal y no se puede trabajar de manera simultánea ahorrando tiempo.

- c. Este método tiene como objetivo principal la producción, sin tomar en cuenta la calidad e incertidumbre del producto final.

Podemos concluir que la nueva filosofía Lean Construction tiene como objetivo principal incrementar las actividades que generan valor mediante la minimización o eliminación de pérdidas (actividades que no generan valor) conjuntamente con sus herramientas como son el sistema del último planificador (SUP), Gestión de la Calidad Total (TQM) y Justo a tiempo (JIT).

3.2.1 MÉTODO CPM-PERT

En este sub-capítulo se resumirá la teoría básica del método tradicional de planeación y control de construcción (método que se utiliza actualmente en la industria de la construcción).

Este método conocido como CPM-PERT, es un método de planificación que consiste en la representación del plan de un proyecto a través de un diagrama esquemático o red que bosqueja tanto la secuencia y la interrelación de todos los componentes del proyecto, como el análisis lógico y la manipulación de dicha red para determinar el mejor programa general de operación.

3.2.2 REGLAS BÁSICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA RED DE CPM-PERT

Para simplificar la elaboración de una red CPM-PERT se deberá seguir los 5 pasos que se enlistan a continuación:

1. Todas y cada una de las actividades que conformen el proyecto deben estar determinadas, antes de iniciar cualquier actividad.
2. Las flechas indican precedencias lógicas.
3. No se deben duplicar los números de los eventos.
4. Los eventos no pueden estar conectados por más de una actividad.
5. La red tiene una sola actividad inicial y una sola actividad final.

3.2.3 RUTA CRÍTICA

Según (Montaño, **Iniciación al Método del camino crítico, 2000**): “El método del camino crítico es un proceso administrativo de planeación, programación, ejecución y control de todas las actividades componentes de proyecto que debe desarrollarse dentro de un tiempo crítico y costo óptimo”.

3.2.4 ELABORACIÓN DE DIAGRAMA GANTT BASADO EN EL DIAGRAMA DE RED CPM-PERT

Una vez terminados los cálculos de la red, se debe proceder a la elaboración del diagrama de Gantt. Este se utiliza como un calendario para las personas que interactúan en el proyecto para programar cada una de las actividades e intervención conforme a sus aportes del proyecto y así evitar las pérdidas de tiempo.

Cuando se elabora un diagrama de Gantt, debe tomarse en cuenta las limitaciones existentes. Una de las principales limitaciones es el personal que no puede realizar, generalmente, dos trabajos simultáneamente y las holguras, estos datos nos ayudan a tomar decisiones para establecer tiempo de inicio y fin de actividades para poder solventar dichas limitaciones, siempre con el fin de evitar atrasos en las obras.

El procedimiento para elaborar un diagrama de Gantt al tomar como base los cálculos efectuados en el diagrama de red es el siguiente:

- ✓ Como primer paso se debe organizar las actividades de tal forma que primero se colocan las más críticas y se identifica su duración por medio de una barra.
- ✓ Luego se detallan las actividades no críticas, indicando su tiempo de duración y ordenándolas de acuerdo a su ejecución.
- ✓ En este diagrama se puede programar actividades simultáneas, dependiendo del tiempo programa para el desarrollo de dicha actividad.
- ✓ También se pueden concatenar las actividades de dos maneras: inicio, inicio que quiere decir simultáneamente e inicio final o viceversa que quiere decir termino la primera para continuar con la siguiente.

3.2.5 AJUSTES DE TIEMPO – COSTO

Cualquier proyecto de construcción, se divide con facilidad en un número de procesos u operaciones, cada uno de los cuales, puede realizarse mediante diferentes combinaciones de los métodos de construcción, del equipo, de los tamaños de las cuadrillas de obreros y de las horas de trabajo. Los factores más importantes pueden ser el costo, el tiempo o los dos.

La primera impresión es que el costo directo de cada actividad o rubro debe predominar, con el fin de que las tareas pueden terminarse con el costo total o más bajo, pero el costo total del proyecto incluye todas las cargas directas, indirectas y los gastos generales asociados a la ejecución completa de los trabajos, y éstos son proporcionales al tiempo.

El problema costo-tiempo tiene un número infinito de soluciones:

- Si el tiempo careciera de importancia, cada actividad, se realizaría de forma que el costo directo fuese el más bajo.
- Si el costo no tuviera importancia cada proceso podría acelerarse con el fin de terminarlo en el menor tiempo posible.
- El acelerar un proceso puede aumentar su costo y reducir el tiempo, pero no puede reducir el tiempo total del proyecto a menos que sea una actividad en la cadena de la ruta crítica, por lo que se puede deducir entonces, que existe una relación entre la duración de una actividad y el costo de su ejecución.

La solución del problema tiempo-costos no es simple. Todos los costos varían con el tiempo, los costos directos tienden a disminuir si hay más tiempo disponible y los indirectos aumentan con el tiempo, para encontrar una solución real del proyecto, se debe hacer varios supuestos relacionados con la curva tiempo-costos:

- El primero, es que cada actividad tiene alguna clase de relación tiempo-costo en la mayoría de los casos, pero podría haber alguna actividad que tuviera un costo fijo sin importar el tiempo que se necesite para ejecutarla.
- El segundo, es que la variación en los tiempos y costos es lineal, es decir, aumenta o disminuyen en forma proporcional. Por lo tanto, el equilibrio correcto entre tiempo y costo es lo que da la solución óptima.

La importancia en la planificación de la obra, consiste en fijar de antemano los costos de materiales, equipos y rendimientos de la mano de obra para una duración esperada del proyecto, haciendo los ajustes necesarios durante la ejecución.

3.3 PRODUCTIVIDAD Y CONSTRUCCIÓN.-

En el sector de la construcción se han desarrollado muy pocos estudios de productividad debido al desconocimiento de la existencia de nuevos métodos o filosofías. En la actualidad se continúa construyendo con el método tradicional (CPM-PERT), método que da como resultado retrasos y altos porcentajes de desperdicios.

Lean Construction aparece como una alternativa que mejora la competitividad de las empresas de construcción en el mercado, mediante el fortalecimiento del sistema de producción y la integración óptima de actividades y procesos. Esta filosofía se basa en incrementar actividades que generan valor, eliminando las pérdidas (actividades que no generan valor), mejorando continuamente los procesos a largo del proyecto.

Si con el sistema tradicional de producción en que se desarrollan actualmente los proyectos de construcción es difícil identificar las actividades que generan pérdidas, valdría la pena implementar una nueva visión (producción lean), en el que se identifiquen éstas y se ejecuten los correctivos necesarios destinados al mejoramiento de la productividad y competitividad de las empresas.

La introducción de la nueva filosofía de producción en construcción implica varios aspectos a considerar:

- Capacitación del personal encargado de la producción (administradores de obra, supervisores de campo, maestro mayor y obreros) de los conceptos fundamentales y las herramientas que deben utilizarse.
- Apoyo constante de la dirección de la empresa, como estrategia empresarial de mejoramiento.
- Creación de indicadores de desempeño no tradicionales.
- Establecimiento de un sistema de referenciación (benchmarking) empresarial del sector productivo e internacional.

La globalización y el mercado cambiante exigirán que la industria de la construcción y sus profesionales adapten las nuevas estrategias de gestión de la construcción, es cuestión de supervivencia.

3.4 SITUACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN COMO SECTOR INDUSTRIAL Y SU PRODUCTIVIDAD.-

La construcción, como sector productivo de nuestro país, es de gran importancia en el desarrollo económico, por medio de la construcción se satisface las necesidades de la población, porque el desarrollo de proyectos de infraestructura y de soluciones de vivienda son una fuente permanente de trabajo (mano de obra calificada y no calificada) que genera una importante actividad indirecta en otros sectores de la economía del país.

Características de la industria de la construcción:

- *Curva de aprendizaje limitada.*- La constante rotación del personal debido a la informalidad que existe en la contratación, limita la curva de aprendizaje ya que se vuelve imposible capacitar al personal.

- *Influencia de las condiciones climáticas.*- A diferencia de otras industrias, gran porcentaje de las actividades de construcción se realizan a la intemperie, factor que influye negativamente en el normal desarrollo de los proyectos.
- *Trabajo permanente bajo presión.*- La construcción de los proyectos se vuelve un trabajo bajo presión ya que se trata de cumplir con plazos establecidos, plazos que se convierten en una barrera para una adecuada planificación de actividades, provocando una gran cantidad de errores y problemas.
- *Fragmentación del proyecto e incentivos negativos.*- Debido a la forma desintegrada como trabajan quienes intervienen en un proyecto de construcción (dueño, constructor, contratistas y usuarios), se generan intereses diversos que incentivan negativamente a los constructores. La fragmentación del proyecto de construcción no estimula el desarrollo y la innovación, lo cual entorpece la utilización de nuevos conceptos y aumenta la resistencia al cambio.
- *Poca capacitación.*- Debido a la informalidad de contratos utilizados en la construcción (mano de obra no calificada), existe una alta rotación de mano de obra, razón por la cual no se puede realizar programas de capacitación. Los conocimientos del personal que se dedican a la construcción son adquiridos principalmente por la experiencia, experiencia ganada mediante oficios de manera artesanal.
- *Relaciones opuestas entre quienes intervienen los proyectos.*- En la construcción las etapas del proyecto son realizadas por diferentes participantes, cada uno con intereses particulares. El contratante se preocupa por que producto sea entregado en el tiempo y el costo establecidos, exigiendo un alto grado de calidad; los diseñadores realizan diseños innovadores sin tomar en cuenta que estos diseños deben ser apropiados y fáciles de materializarse a costos racionales; finalmente, los contratistas cuyo objetivo es obtener una adecuada utilidad en el proyecto, pueden disminuir costos reduciendo la calidad del proyecto. Estas relaciones opuestas entre quienes intervienen en los proyectos

debe convertirse en un esfuerzo colectivo que tenga por objetivo el beneficio del proyecto y sus participantes.

- *Diferente planificación o ausencia de la misma.*- La desesperación por cumplir plazos establecidos en la construcción de proyectos hace que los profesionales y administradores de obras descuiden la planificación, función básica de la administración.
- *Actividad basada en la experiencia.*- En la construcción, la experiencia se valora más que el conocimiento. Aunque la experiencia es un factor muy importante para cualquier actividad, modernizar los conocimientos es de gran utilidad para la ejecución de cambios y el mejoramiento del desempeño de las empresas y sus proyectos.
- *Falta de investigación y desarrollo.*- El uso de método tradicional en la construcción, se ha convertido en una costumbre que hace que se crea que no son necesarias las investigaciones de filosofías nuevas que tiendan a mejorar los procesos constructivos y la administración de los mismos.
- *Actitud mental del sector.*- Considerar que el método tradicional es eficiente, y no investigar nuevas metodologías de trabajo, impiden el mejoramiento del desempeño de la empresas constructivas y sus proyectos.

Los profesionales de la construcción deben innovar sus métodos de trabajo para enfrentar exitosamente la competitividad en este sector. La aplicación de las nuevas ideas en el desarrollo de proyectos de construcción pretende:

- Utilizar de manera eficiente los recursos.
- Mejorar la competitividad de las empresas y proyectos de construcción.
- Incorporar nuevas filosofías de gestión, mejorando el desarrollo de los proyectos (calidad y productividad).

- Desarrollar el sentido de autocrítica e innovación permanente, para el logro de los puntos anteriores.

3.5 CONCEPTO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

La aplicación de Lean Production en la construcción, busca solucionar los problemas que se producen en obra realizando mediciones de desempeño en los proyectos, entre ellas, medición de pérdidas, tiempo de ciclo y variabilidad.

Se puede afirmar que Pérdidas son todas las actividades que no agregan valor y generan costos en el proceso de construcción.

Como ejemplos de pérdidas tenemos:

- Las esperas ocasionadas por la falta de instrucción, de materiales, de transporte, equipos y obreros.
- Mala distribución de los recursos o ausencia de planificación.
- Tiempo ocioso por actividades que realiza el trabajador.
- Repetición de actividades mal ejecutadas o dañadas por otras cuadrillas de trabajo, entre otras.

3.5.1 CAUSAS DE PÉRDIDAS Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD

Las principales causas que generan pérdidas en la productividad se clasifican en siete categorías.



Figura 10. Causas de pérdidas en la productividad

Fuente: Serpell (2002)

Problema de diseño.- Estos se producen cuando al momento del diseño no existe una buena comunicación entre el dueño y el diseñador, que en el momento de la construcción generan retrasos y la repetición de trabajos.

Deficiente administración.- A continuación se detallan algunos factores que hacen deficiente a la administración en los proyectos de construcción:

- Alta población en las cuadrillas, lo que genera una pobre o nula supervisión de las actividades.
- Mala comunicación entre el personal de obra.
- Mala planificación.
- Administraciones mediocres que dan soluciones inmediatas, no a largo plazo.

Método de trabajo inadecuado.- Éste se ocasiona por muchas diferencias en aspectos como:

- Mala planificación. (sobrepoblación en cuadrillas, maquinarias y equipos sub-utilizados y desperdicio de materiales)
- Tecnologías inapropiadas para realizar actividades.
- Carencia de informes de experiencias anteriores, que permitan el aprovechamiento de errores evitando su nueva ocurrencia.

Problemas de recurso humano.- Este factor es muy importante, ya que en el sector de la construcción los avances de obra se encuentran asociados al rendimiento. Se pueden citar los siguientes:

- Falta o pobre capacitación, que provocan problemas de calidad y retraso en la ejecución de las operaciones de construcción.
- Problemas de inseguridad en la obra, falta de seguridad ocupacional.
- Poca motivación del personal, lo que provoca alta rotación.

Problemas de seguridad.- La carencia de un buen manejo de seguridad industrial y ocupacional puede provocar una mala protección del personal, dando como respuesta una serie de accidentes que causan pérdidas que disminuyen la productividad.

Sistema de Control deficiente.- En el sector de la construcción se realiza una comparación mensual entre lo planificado y lo realmente ejecutado, teniendo deficiencias como:

- La carencia de un buen control de la productividad, impide identificar las actividades que producen pérdidas y por lo tanto no se pueden tomar las acciones correctivas.
- La información presentada es poco oportuna, no permite tomar acciones inmediatas de corrección.
- Control ineficiente de rendimientos.

Deficientes grupos de actividades de apoyo.- Éstos se relacionan normalmente con la falta de logística del personal administrativo y en obra, identificando los siguientes problemas:

- Falta de recursos, debido a una mala administración de los recursos económicos.
- Deficiente función administrativa en el control de almacenes, bodegas e inventarios.
- Equipos que presentan dificultades en su funcionamiento, debido al escaso mantenimiento.
- Inadecuada distribución de las instalaciones provisionales de los proyectos, lo cual causa problemas de transportes, almacenamiento y circulaciones.

3.6 CLASIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE PÉRDIDAS EN LA CONSTRUCCIÓN

Las principales causas que determinan las pérdidas en los procesos de la construcción pueden clasificarse de la siguiente manera:

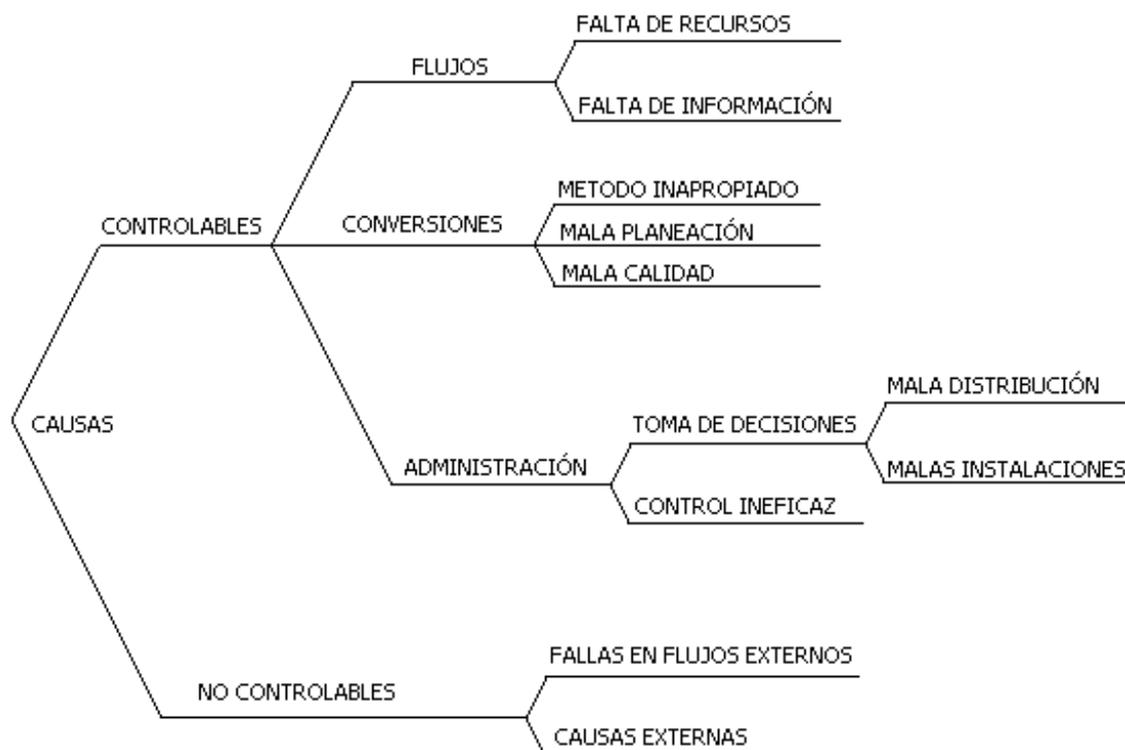


Figura 11. Clasificación de las causas de las pérdidas

Fuente: (Botero L. F., 2004)

Causas controlables asociadas a los flujos

- Recursos, Dentro de los recursos tenemos:
 - *Materiales*: Falta de material en el sitio de trabajo, mala distribución del material en obra, inadecuados medios de transporte.
 - *Equipos*: Mal uso de equipos en obra, equipos no disponibles,
 - *Mano de obra*: Actitud del trabajador.
 - *Información*: Falta de información, pobre calidad de información, tiempo inadecuado de entrega de información.

Causas controlables asociadas a las conversiones

- Método, Incluyen:
 - Diseño deficiente de cuadrillas de trabajo.
 - Procedimientos inadecuados.
 - Soporte inadecuado a las actividades de trabajo.
- Planeación, Contempla:
 - Falta de áreas de trabajo.
 - Superpoblación (muchos trabajadores laborando en áreas reducidas).
 - Pobres condiciones de trabajo.
- Calidad, Involucra:
 - Falta de calidad en la ejecución de los trabajos.
 - Daños ocasionados al producto terminado.

Causas controlables asociadas a la administración de la obra

- Procesos de toma de decisiones, Incluye:
 - Inadecuada distribución del personal.
 - Inadecuada disposición de instalaciones provisionales.
- Supervisión, Contempla falta de supervisión.

Causas no controlables.

En su mayoría, se asocia con proveedores y diseñadores, así como con condiciones climáticas y de festividades.

3.7 HERRAMIENTAS PARA LA IDENTIFICACIÓN Y LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN

Según el esquema tradicional de producción y su sistema de control, las pérdidas son difíciles de detectar. Nuevas herramientas para identificar, medir y mejorar la productividad han sido adaptadas o desarrolladas a partir de algunas existentes.

La identificación de pérdidas, por medio de sencillas técnicas, como muestreo de trabajo, encuestas de demoras y cartas de balance de cuadrillas, se han utilizado como medida indirecta de la productividad, pues se asume que al identificar las categorías y causas de las pérdidas en la construcción y reducirlas, se incrementa la productividad. (Alarcón, 1993)

3.7.1 Contenido de trabajo de una actividad de construcción

El tiempo total de trabajo puede clasificarse de la siguiente manera:

- *Trabajo productivo (TP).*- Es el tiempo empleado por el trabajador en la producción de alguna unidad de construcción. Ejemplo de trabajo productivo es la colocación de la armadura de refuerzo y el vaciado del concreto en algún elemento estructural, la pegada de ladrillos en muros, etc.
- *Trabajo contributivo (TC).*- Es el tiempo que emplea el trabajador realizando labores de apoyo necesarios para que se ejecuten las actividades productivas; por ejemplo: limpieza de superficies y encofrados, mediciones previas y de inspección, transportes de materiales, armado de plataformas y andamios para trabajo en altura y seguridad industrial, etc.
- *Trabajo no contributivo (TNC).*- Se define como cualquier otra actividad realizada por los obreros y que no se clasifica en las anteriores categorías, se consideran pérdidas. Ejemplos: los tiempos dedicados a esperas, el tiempo ocioso, los reprocesos, descansos, entre otros.

Como principio de mejoramiento del desempeño de proyectos de construcción se busca eficiencia del trabajo productivo, minimizando el tiempo destinado al trabajo contributivo y eliminando el tiempo no contributivo (pérdidas).

3.7.2 Muestreo de trabajo

Éste consiste en numerosas observaciones cortas de la labor de los operarios en su sitio de trabajo y de la utilización de los equipos, categorizando en grupos principales esas mediciones. De esta forma, al conocer cómo se utiliza el tiempo por los recursos, se detectarán problemas que afectan la productividad, los cuales, al eliminarse, permitirán la reducción de costos asociados a la mano de obra y los equipos.

Las mediciones deben realizarse aleatoriamente, estableciendo por anticipado las categorías en las cuales se clasificarán las observaciones de los recursos en las diferentes actividades. Con los resultados obtenidos, es posible procesar la información para analizarla estadísticamente. Este sistema de medición presenta algunas ventajas en su utilización:

- Simplicidad en la toma de datos y el procesamiento de la información.
- Método económico de medición.
- Facilidad de interpretación de los resultados.
- Estadísticamente confiable siempre que se tengan las observaciones necesarias.

El muestreo de trabajo es una medición indirecta de la productividad. Su utilización se considera como un estudio preliminar de la productividad a nivel general. Sin embargo, el uso permanente de esta técnica permite lograr la identificación de problemas y la posterior intervención en el método de trabajo.

En la toma de datos en los proyectos de construcción, con la técnica del muestreo de trabajo, se acostumbra a usar dos diferentes métodos para las observaciones y su posterior registro:

- Observación desde un punto fijo en la obra, utilizando cuando se quiere analizar una operación específica de construcción o una parte de la obra.
- Recorrido por la obra o por sectores que se desean observar, es el método más apropiado cuando se tienen obras de gran extensión que no permite observarse desde una sola posición.

El formato utilizado para el registro de las observaciones se muestra en la Tabla 5.

Tabla 6.**Formato de encuesta de detenciones y esperas.**

CUADRILLA	NÚMERO DE OBREROS		
Fecha	Actividad		
Problemas que producen interrupciones en el trabajo	Horas - hombre perdidas		
	Número de horas	Número de obreros	Horas hombre pérdidas
1. Esperando por materiales (bodega)			
2. Esperando materiales (externo)			
3. Esperando por herramientas no disponibles			
4. Esperando por equipos			
5. Modificaciones / rehacer trabajo (errores de diseño)			
6. Modificaciones / rehacer trabajo (errores de prefabricación)			
7. Modificaciones / rehacer trabajo (errores de construcción)			
8. Traslados a otras áreas de trabajo			
9. Esperando por información			
10. Interferencias con otras cuadrillas			
11. Sectores congestionados con trabajadores			
12. Otros			

Fuente: (Botero L. F., 2004)

3.7.4 Encuesta de identificación de pérdidas.

Esta herramienta se utiliza para la identificación de pérdidas en los proyectos de construcción. En este caso, a diferencia de la encuesta de detenciones y demoras, el cuestionario está diseñado para ser diligenciado por el personal de dirección de la obra y permite realizar análisis para detectar las fuentes y las frecuencias de las pérdidas en el proceso productivo de la construcción. Con los resultados obtenidos se planean acciones tendientes a la reducción de las pérdidas, lo cual repercute positivamente en los resultados de productividad del proyecto.

Tabla 7.

Formato de encuesta de identificación de pérdidas.

Clasifique según su frecuencia, las siguientes fuentes de pérdidas:

	Nunca	Frecuente	Ocasional	Rara vez
ADMINISTRACIÓN				
Requerimientos innecesarios	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Exceso de control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falla de control	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mala planificación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Burocracia	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
USO DE RECURSOS				
Exceso de cantidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Falla de cantidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mal uso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mala distribución	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mala calidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Disponibilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
INFORMACIÓN				
No necesaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Defectuosa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Inoportuna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poco clara	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: (Botero L. F., 2004)

Tabla 8.**Formato de encuesta de identificación de pérdidas.**

Identifique cuales son las 5 pérdidas más frecuentes, según su precepción

1. Trabajo sin hacer	
2. Reprocesos	
3. Trabajo innecesario	
4. Errores	
5. Detenciones	
6. Pérdida de materiales	
7. Deterioro de materiales	
8. Mov. Innecesario de la gente	
9. Mov. Innecesario de material	
10. Exceso de vigilancia	
11. Supervisión extra	
12. Req. Excesivos de espacio	
13. Retraso de actividades	
14. Procesamiento extra	
15. Necesidad de aclaraciones	
16. Desgaste anormal de equipos	

Fuente: (Botero L. F., 2004)

CAPÍTULO 4

4 DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS COMPLEMENTARIOS AL SISTEMA DE LEAN CONSTRUCTION.

4.1 JUSTO A TIEMPO (JIT).

4.1.1 DEFINICIÓN Y OBJETIVOS PRINCIPALES DEL JUST IN TIME (JIT).

“Just in time” (que también se usa con las siglas JIT), literalmente quiere decir “Justo a tiempo”.

Es una filosofía industrial, que considera la reducción de todo lo que implique desperdicio en las actividades de compras, fabricación, distribución y apoyo a la fabricación (actividades de oficina) en un negocio”.

El desperdicio se concibe como “todo aquello que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto. (Hay, 1989)

La técnica JIT es una herramienta del Lean Construction, que está orientada al mejoramiento continuo a través de la eficiencia de los miembros que conforman las empresas (proveedores, proceso productivo, personal y clientes).

El principal fundamento del JIT es la reducción del desperdicio, el incremento de la productividad, disminución del costo, mejoramiento de la calidad, mayor satisfacción al cliente, incrementar las ventas y obtener mayores utilidades.

La aplicación de esta técnica requiere de disciplina y cambio de mentalidad, que se puede lograr a través de la implantación de una cultura

basada en la calidad, mejoramiento continuo y flexibilidad al cambio, que involucra a todos y cada uno de los miembros que intervienen en los proyectos.

El JIT tiene 4 objetivos principales:

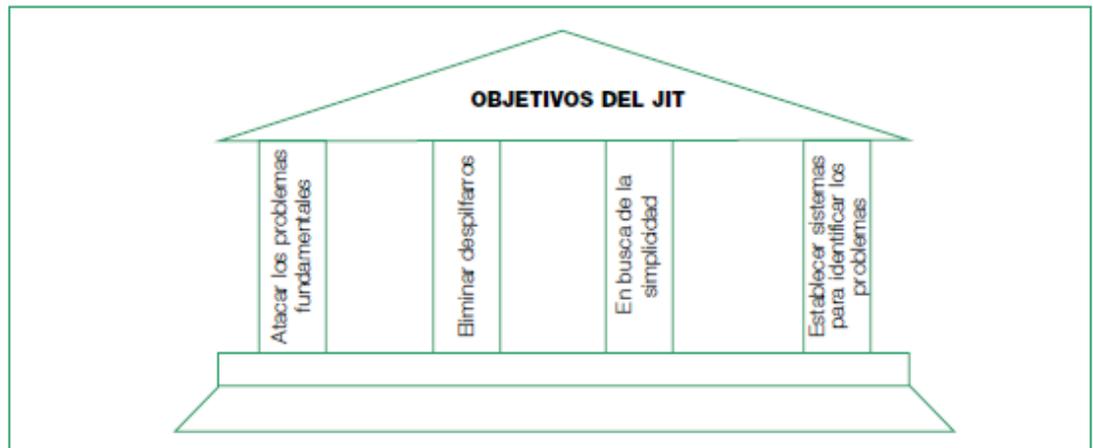


Figura 12. Los 4 pilares del JIT

Fuente: Gilberto Clavell

- Poner en evidencia los problemas fundamentales.- La analogía “río de exigencias” fue utilizada por los japoneses para descubrir los problemas de una empresa. Ellos comparan al barco con las operaciones de la empresa, el nivel del río con las existencias y las rocas con los problemas. Ellos indican que cuando el baja el nivel del río (se reducen las existencias), el barco (la empresa), descubre las rocas (problemas).

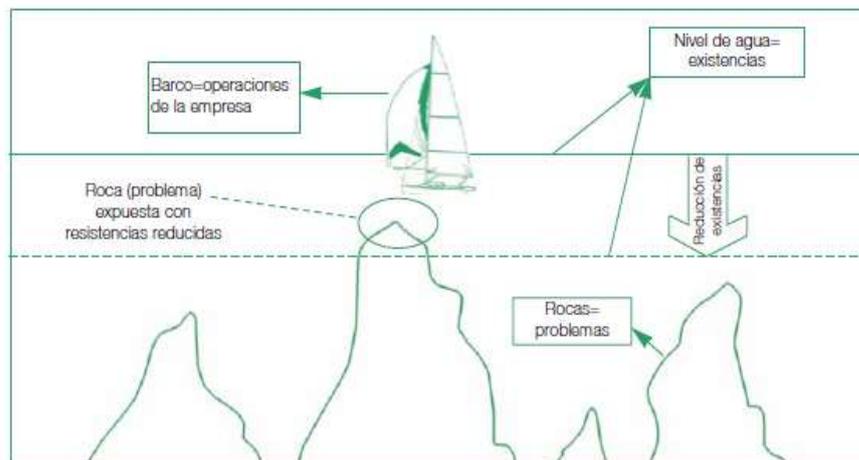


Figura 13. Río de las existencias

Fuente: Bernal Rodríguez

- Eliminar despilfarros.- Quiere decir eliminar actividades que no generan ganancia (esperas, tiempo óseo, entre otras), mejorando la calidad, reduciendo los plazos de generación del producto, mejorando costos y aumentando el nivel de servicio al cliente.

En este caso el enfoque JIT consiste en:

- ✓ Hacerlo bien a la primera.
 - ✓ El operario asume la responsabilidad de controlar, es decir, el operario trabaja en auto control.
 - ✓ Garantizar el proceso mediante el control estadístico de procesos (SPC).
 - ✓ Analizar y prevenir los riesgos potenciales que hay en un proceso.
 - ✓ Reducir stocks al máximo.
-
- Buscar simplicidad.- El JIT tiene por objeto la simplicidad, basándose en enfoques simples que conlleven a una gestión más eficaz.
 - Diseñar sistemas para identificar problemas.- El JIT, considera que cualquier sistema que identifique los problemas es beneficioso y cualquier sistema que los enmascare, perjudicial. Para aplicar el sistema Justo a tiempo, tenemos que hacer 2 cosas:
 - ✓ Establecer mecanismos para identificar los problemas.
 - ✓ Estar dispuestos a aceptar una reducción de la eficiencia a corto plazo con el fin de obtener una ventaja a largo plazo.

El método *justo a tiempo* tiene como tarea principal mejorar la productividad con la mejora continua (Kaizen). Esta innovación involucra a todo el personal de empresa, con un avance gradual y lento.

4.1.2 GEMBA KAIZEN.

4.1.2.1 DEFINICIÓN Y APLICACIONES.

Gemba Kaizen significa mejora continua en el lugar de trabajo, lugar en donde tiene lugar la obra.

Por tal motivo los directivos de la empresa deben conocer la obra y su construcción, tomando contacto con la realidad, con el personal de obra y con los problemas que puedan identificarse en las actividades constructivas.

En la gestión gemba es fundamental la aplicación de las 5 S, la estandarización y la eliminación de mudas.

- Aplicación de las 5S.- Significa desarrollar los siguientes pasos:
 1. Separar lo necesario de lo innecesario. (SEIRI)
 2. Ordenar los elementos o materiales necesarios. (SEITO)
 3. Limpieza del espacio físico y de las herramientas y maquinarias. (SEISO)
 4. Todos iguales siempre, utilizando un equipo de protección personal o EPP, como es los cascos, protectores visuales, zapatos con protección, guantes, orejeras, uniformes apropiados, entre otras. (SEIKETSU)
 5. Auto disciplina.(SHITSUKE)



Figura 14. Aplicación de las 5'S

- Estandarización.- Consiste en generar cambios y mejora de procesos mediante la utilización de registros reales que indiquen el desarrollo de actividades, cuando estos procesos logran controlar y mejorar la productividad, se procede a estandarizarlos para continuar con su repetición.

4.1.2.2 ELIMINACIÓN DE MUDAS.

Mudas es un término japonés que significa desperdicio es una metodología fijada en el Just in Time por Taiichi Ohno, esta metodología identifica, identificación, prevé y elimina siete mudas clásicas que son:

1. *Mudas de movimientos.*- Son movimientos innecesarios que generan improductividad.
2. *Mudas de transportes.*- Son desperdicios provocados por la mala planificación e ineficiente transporte.
3. *Mudas de inventarios.*- Se producen por una mala relación con los proveedores, compras excesivas de material y un incorrecto almacenamiento de los mismos.
4. *Mudas de sobre-producción.*- Producir más de la cantidad requerida por el mercado, genera costos.
5. *Mudas de procesamiento.*- La utilización de métodos ineficientes de diseño, provocan cambios inesperados produciendo desperdicios de materiales e improductividad.
6. *Mudas de espera.*- La falta de coordinación, logística, control, mantenimiento inesperado de equipos y factores climáticos, generan desperdicios por espera.
7. *Mudas por fallas y correcciones.*- Realizar el trabajo una sola vez, sin descuidar su calidad, evita desperdicios de tiempo, materiales y dinero.



Figura 15. Mudas clásicas

Fuente: Enrique Muñoz S.

4.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL JIT.

4.1.3.1 VENTAJAS.

JUSTO A TIEMPO:

- La producción Justo a Tiempo disminuye los costos evitando los desperdicios de materiales, reduciendo inventarios y almacenamientos.
- Otra ventaja es que el JIT busca elaborar productos de buena calidad y en el menor tiempo posible pero bajo pedidos reales para evitar la sobre producción.
- Al producir cantidades necesarias, los procesos serán más ordenados, los materiales irán directamente al proceso productivo y se reducirá pérdidas por suministros.
- La ventaja más importante de la producción Justo a Tiempo es la disminución de desperdicios incrementando la productividad, lo que genera una amplia ventaja competitiva.

GEMBA KAIZEN:

- Una ventaja es el crecimiento, desarrollo, estabilidad y éxito dentro del mundo empresarial.
- Se obtienen mejoras en un corto plazo y con resultados claros.

- Al reducir los productos, reduce costos y se obtiene menor cantidad de materias primas.
- Incrementa la productividad y dirige a la organización hacia la competitividad, lo cual es vital para una organización.
- Permite eliminar procesos repetitivos, eliminando costos.

MUDAS:

- La ventaja principal de las mudas es que se adquiere habilidad y conocimiento para corregir errores, teniendo la precaución de no volverlos a cometer.

-

4.1.3.2 DESVENTAJAS.

JUSTO A TIEMPO:

- Ya que este sistema evita los inventarios, en caso de una gran demanda, podría faltar suministros y corriendo el riesgo de no cumplir con plazos, perdiendo los clientes.
- Se podrían perder los descuentos, ya que no se compra gran cantidad de insumos.
- La principal desventaja del JIT es la dependencia que se crea con el proveedor, ya que la falta de suministros afectará el proceso productivo.

GEMBA KAIZEN:

- El mejoramiento continuo se convierte en un proceso muy largo debido a que los gerentes de la pequeña y mediana empresa son muy conservadores.

MUDAS:

- Es un sistema costoso.
- Incrementa costos reduciendo la competitividad.
- Requiere tiempo para construir un producto y entregarlo al cliente.
- Arriesga la credibilidad y estatus de la empresa.

4.2 TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM).

4.2.1 DEFINICIÓN DEL TQM.

La Gestión de la Calidad Total, (TQM), es una “filosofía” que tiene por objeto la búsqueda de la satisfacción del cliente, con un producto o servicio de buena calidad, eliminando desperdicios (mejorando procesos y procedimientos internos), cumpliendo plazos y reduciendo costos.

En todo proyecto existe una triple restricción, el tiempo el coste y el alcance.



Figura 16. Gestión de la Calidad Total

Fuente: José Luis Portela

4.2.2 LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.-

4.2.2.1 CONCEPTO DE CALIDAD.-

Una definición objetiva y universal de “Calidad”, es la de Crosby (2002): “Calidad es cumplir con los requerimientos o también el grado de satisfacción que ofrecen las características del producto o servicio, en relación con las exigencias del consumidor” (p.54,4).

Calidad Total es hacer las cosas bien desde el principio:

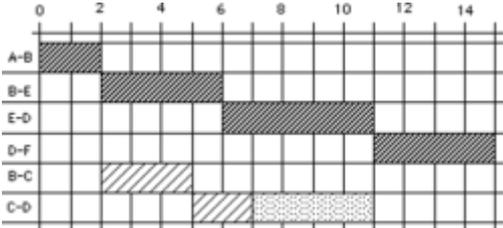
<p>Es hacer lo correcto (Qué)</p>  <p>Planificar</p>	<p>En la forma correcta (Cómo)</p>  <p>E.P.P. apropiado</p>
<p>En la oportunidad correcta (Cuándo)</p>  <p>Tiempo adecuado</p>	<p>En la oportunidad correcta (Cuándo)</p>  <p>Generan utilidades</p>

Figura 17. Hacer bien las cosas con Calidad Total

(Juran, 2008) Sostiene que “La calidad no sucede por accidente, debe ser planeada”. Considera una trilogía integrada por:

- Planificar la calidad.- Es la primera actividad a realizarse.
- Controlar la calidad.- Comprende el control de los procesos anteriormente planificados.
- Mejorar la calidad.- Eliminar diferencias en los productos para elevar la calidad en futuras planificaciones.

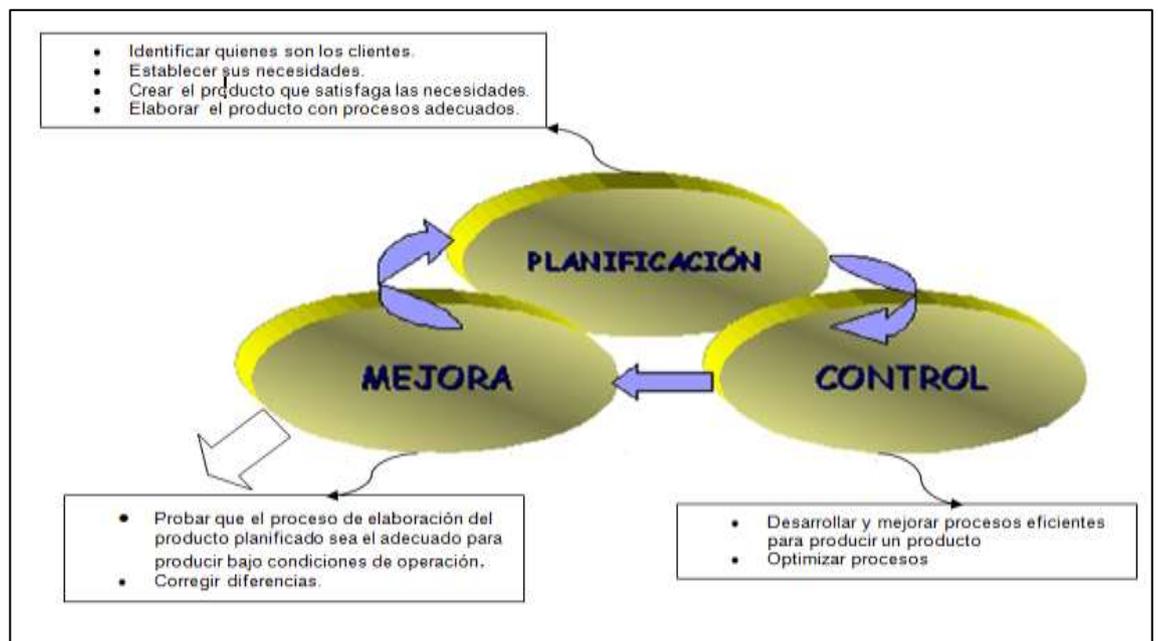


Figura 18. Trilogía de la calidad según Juran

En algunas ocasiones, los resultados son a largo plazo, pero, si el cliente aprecia un incremento en la calidad, el resultado puede ser inmediato, traduciéndose en incrementos de las ventas, de las cuotas de mercado, etc.

4.2.2.2 CALIDAD TOTAL EN LA CONSTRUCCIÓN.

La satisfacción de las necesidades de los clientes y la eficiencia constructiva son ejes fundamentales sobre los cuales gira la competitividad y futuro de las empresas constructivas.

Esta nueva forma de entender y construir, basadas en la calidad y la innovación, están retorciendo los cimientos tradicionales donde se apoyaba todo el sector constructivo, llevándonos a vivir en un mundo cada vez más competitivo.

4.2.3 COSTO DE LA NO CALIDAD.

El Costo de la No Calidad, también llamado “precio del incumplimiento”, son todos aquellos gastos producidos por ineficiencias o incumplimientos, como desperdicios, devoluciones, reparaciones, reemplazos, gastos por atención a queja o exigencias de cumplimiento de garantías, que potencialmente pueden convertirse en conflictos legales.

4.2.3.1 VENTAJAS

- Al elevar la calidad de los productos se consiguen mejoras y resultados visibles.
- Si se reducen los procesos defectuosos, se tiene como resultado menos gastos y un consumo menor de materiales, es decir, productos de mejor calidad.
- Permite eliminar procesos repetitivos, evitando gastos innecesarios.

4.2.3.2 DESVENTAJAS.

- Se necesitan hacer cambios en toda la organización, ya que para obtener el éxito es necesaria la participación de todos los integrantes de la empresa y a todo nivel.
- El mejoramiento Continuo se hace un proceso muy largo, debido a que grupos de la empresa son conservadores y limitan los cambios.

4.3 SISTEMA LAST PLANNER O ÚLTIMO PLANIFICADOR.

4.3.1 DEFINICIÓN DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LP).

Planificar consiste en especificar lo que será realizado y de qué forma se lo hará; por otro lado controlar consiste en hacer que esto ocurra. El sistema del Último Planificador es una herramienta que define lo que se hará y quién realizará el trabajo.

El sistema último planificador (SUP), es una herramienta dentro de la filosofía Construcción sin pérdidas, que controla que todas las actividades se cumplan en el tiempo planificado y con su respectivo responsable.

Por lo tanto, se puede afirmar que el último planificador es una persona determinada, que puede estar en cualquier etapa (anteproyecto, diseño o construcción) y que puede ser jefe, líder, diseñador, constructor, obrero, etc.

Según **(Ballard, 2000)** “En los esquemas convencionales de manejo de obra en construcción, se invierte mucho tiempo y dinero generando presupuestos y planificaciones de obra; el esfuerzo de planificación inicial se convierte durante la ejecución de la construcción en esfuerzo de control. Todo funcionaría bien, si viviésemos en un mundo perfecto”.

La planificación puede desviarse de lo propuesto el primer día de la obra, causando un efecto dominó y perjudicando las actividades siguientes, por esto se

genera la necesidad de re-planificar gran parte del proyecto, al ir disminuyendo las holguras.

(Alarcón L. , Planificación y Control de Producción para la Construcción: Sistema Último Planificador) Dentro de la planificación general se genera una presión mayor por terminar más rápido, esto hace que los costos de mano de obra y equipos suban radicalmente trayendo como consecuencia, el uso de una gran cantidad de recursos, por lo que se obtiene una eficiencia muy baja para lograr terminar la obra en los plazos establecidos

Finalmente, el SUP es la persona que directamente vigila, controla el trabajo, este es el responsable de la capacidad, del rendimiento y de la calidad de los productos realizados.

De esta manera se mantienen los objetivos siempre presentes, ayudando a identificar y eliminar obstáculos.

(Alarcón L. , 2003) “La coordinación se logra a través de un proceso continuo de obtener y cumplir compromisos para la acción, de esta forma la planificación no es solo intensiones sino un trabajo activo de diseñar la forma en que el trabajo será realizado”.

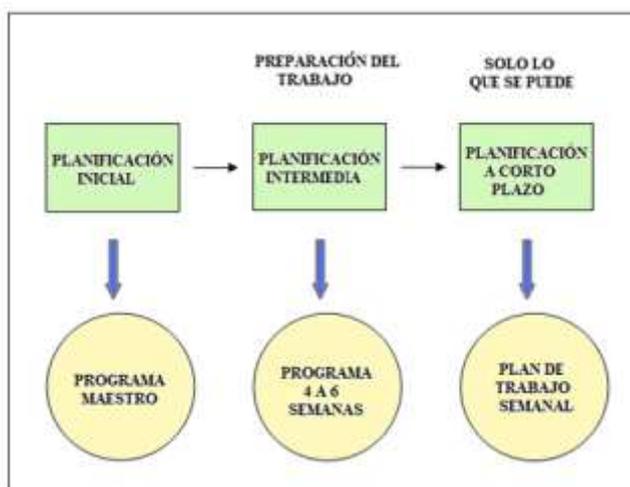


Figura 19. Metodología Sistema Last Planner

Fuente: L. Alarcón

En el sector de la construcción, la planificación y el control son herramientas primordiales.

(Tommelein, 1998) afirma que “La ausencia de variabilidad significa producción confiable”.

El SUP, determina lo que SE HARÁ, del estudio detallado de un proceso de planificación que DEBERÍA ser ejecutado y las actividades que PUEDEN ser realizadas.

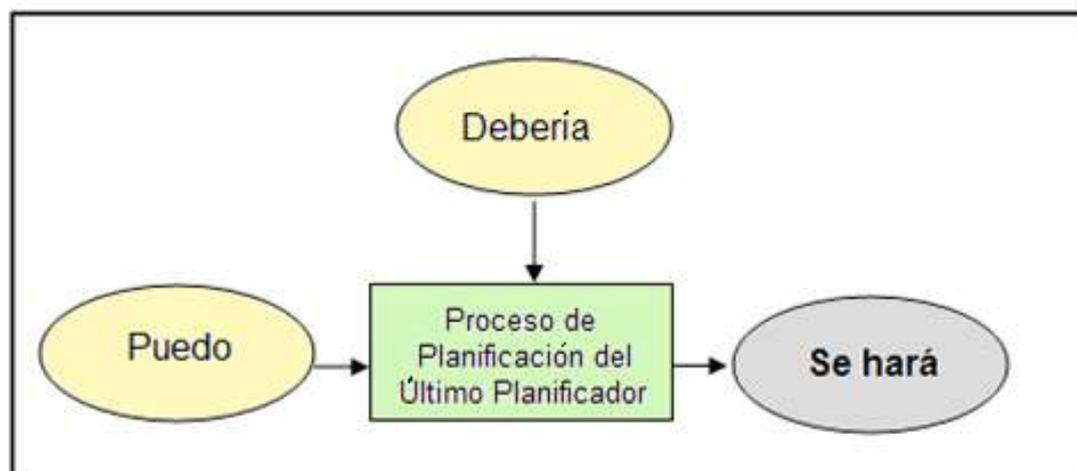


Figura 20. Metodología Sistema Last Planner

Fuente: L. Alarcón

4.3.2 EL PLAN MAESTRO.

El plan maestro cubre todas las actividades del proyecto, desde el comienzo hasta el final. Cuando el proyecto es muy extenso y cuenta con una serie de actividades, su plan maestro puede dividirse por capítulos.

El presupuesto y el programa de un proyecto se generan en la planificación inicial, esta proporciona un diagrama en donde se conectan las actividades que originan la realización de un proyecto.

4.3.3 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA (PI).

El proceso de planificación intermedia es el que sigue a la planificación inicial, de la cual resulta el plan maestro. La planificación intermedia explora a fondo las tareas a ejecutar tomando en cuenta las circunstancias reales del proyecto.

La planificación intermedia abarca intervalos de tiempo de 4 a 6 semanas dependiendo de las características del proyecto y se revisan las actividades programadas en este intervalo, de esta manera es posible tener una buena logística de materiales, mano de obra y maquinarias, teniendo en cuenta que algunas actividades tienen tiempos de respuesta largos para el abastecimiento.

Una vez que las asignaciones o tareas son identificadas se someterán a un análisis de restricciones que pueden provenir del diseño, el trabajo previamente ejecutado, espacio, equipo, abastecimiento, permisos, inspecciones, entre otros.

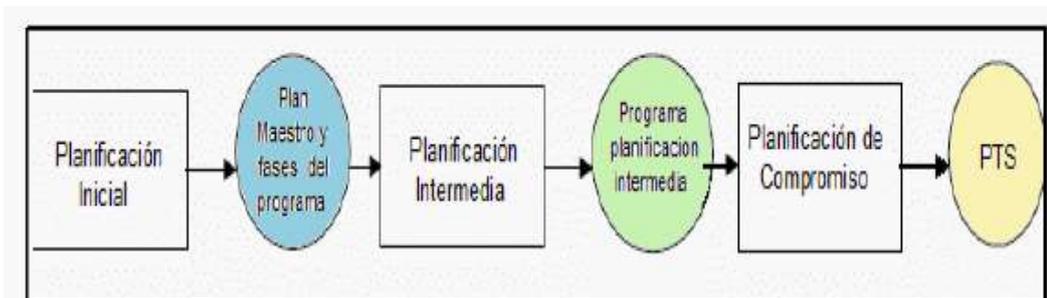


Figura 21. Metodología Sistema Last Planner

Fuente: L. Alarcón

En la planificación intermedia se obtiene un conjunto de actividades para un intervalo de tiempo determinado. Cada actividad trae asociada un grupo de restricciones, que determinan si la acción puede o no realizarse.

Una restricción, es algo que impide realizar la tarea planificada. Según **(Alarcón L.)** las restricciones más comunes en el sector de la construcción son las siguientes:

- *Diseño:* Restricción relacionada con la obtención de los planos necesarios para ejecutar la tarea.
- *Materiales:* Restricción relacionada con el tiempo de respuesta que posee el proveedor para entregar los materiales a tiempo.
- *Mano de obra:* Restricción relacionada con la cantidad de recurso humano o cuadrillas necesarias para realizar la tarea.
- *Equipos:* Restricción relacionada con los equipos que son necesarios para la realización de la labor.

- Planificar demasiado trabajo.
- Carencia de recursos en el momento preciso.
- Cambio de actividades, dejando a inconcluso el trabajo.
- Error de diseño o error de alguna especificación descubierta al ejecutar una actividad planificada.

El PAC evalúa hasta qué punto el sistema del último planificador fue capaz de planificar el trabajo que se haría en la semana siguiente.

Es decir, compara lo que será hecho según el plan de trabajo semanal con lo que realmente fue hecho, reflejando así la fiabilidad del sistema de planificación.

Tabla 11.

Ejemplo de PAC

Ítem	Descripción de la actividad	Responsable	% Completado		Logrado		Análisis del no cumplimiento
			Planificado	Real	SI	NO	
1	A	A. Pérez	80	60		X	Razón A
2	B	D. González	100	100	X		
3	C	A. Pérez	40	20		X	Razón B
4	D	D. González	20	20		X	Razón C
5	E	A. Pérez	100	100	X		
6	F	D. González	100	100	X		
		# actividades Completadas	9				
		% de cumplimiento (PAC)	60%				

Fuente: L. Alarcón

El indicador PAC ayuda a medir el desempeño de la planificación y la productividad de la unidad de producción y obtiene el porcentaje de cumplimiento de actividades planificadas.

Es necesario determinar las razones para el no cumplimiento de las asignaciones de trabajo. Esta acción proveerá información necesaria para el mejoramiento del PAC que dará como resultado que el proyecto sea más eficientemente.

Según (Howell, 2002) “Un buen desempeño se sitúa por encima del 80%; un desempeño pobre está por debajo del 60%. Equipos con experiencia en el sistema mantienen un desempeño por encima del 85%”.

4.3.6 REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL (RPS).

La reunión de planificación semanal, debe hacerse la semana anterior al de la planificación, y los asistentes deben ser todos los involucrados con prerequisites y todas las que tengan que ver con restricciones, ya que los propósitos de ésta reunión son:

- Revisar y aprender del PAC de la semana anterior.
- Analizar las causas de no cumplimiento.
- Tomar acciones para mitigar las causas de no cumplimiento.
- Analizar y comparar los objetivos alcanzados contra los propuestos por el proyecto.
- Determinar el ITE (Inventario de trabajo ejecutable) para la próxima semana.
- Realizar un adecuado análisis de las restricciones (revisión y preparación).
- Planificar el trabajo para la semana siguiente.

4.3.6.1 INFORMACIÓN NECESARIA EN LA RPS.

El planificador y el último planificador deben llevar la siguiente información:

El último planificador:

- El PAC y causas de no cumplimiento.
- La información del estado del trabajo.
- Lista tentativa de las tareas para la próxima semana
- Listado de las tareas que entrarán en el proceso de PI, además de la PI de la semana anterior.

4.3.6.2 RESUMEN EJECUTIVO DE UNA BUENA REUNIÓN DE PLANIFICACIÓN SEMANAL.

Las personas que tienen que estar en la reunión de planificación semanal son:

- Administrador de obra.
- Planificador y último planificador.
- Supervisión y maestro de obra.
- Representante de la oficina técnica.
- Subcontratistas.
- Bodeguero.

Revisión de la semana anterior:

- Controlar el cumplimiento de las actividades.
- Calcular el PAC.
- Determinar las causas de no cumplimiento.
- Tomar acciones correctivas para las causas de no cumplimiento.
- Definir actividades pendientes.
- Tomar acciones correctivas para recuperar atrasos, principalmente con las actividades críticas.

Preparación de programa semanal:

- Revisar el estado de restricciones de la PI anterior.
- Definir el nuevo inventario de trabajo ejecutable.
- Contrastar el inventario con el programa propuesto por el último planificador.
- Definir el programa semanal, adquiriendo compromisos y dejando actividades en espera por si existe algún inconveniente con las planificadas.
- Actualización del PI.
- Presentación del nuevo PI por parte del planificador de la obra.
- Revisar el estado de restricciones del nuevo PI.
- Definir un responsable para la liberación de restricciones, definiendo las acciones para esto.

Documentos e información que deben traer los asistentes:

Último planificador:

- PAC
- Causas de no cumplimiento.
- Propuestas de soluciones a causas de no cumplimiento.
- Información del estado de trabajo.
- Estado de liberación de restricciones bajo su responsabilidad.
- Plan de trabajo tentativo.
- Plan intermedio anterior.

4.3.7 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SUP.

4.3.7.1 VENTAJAS.

- El Sistema Último Planificador es una herramienta muy útil con la que se puede controlar la ejecución de todas las actividades que se deben ejecutar en tiempos establecidos.
- Se puede determinar las razones de cumplimiento de actividades. Evitando cometerlos de nuevo.
- Para un buen funcionamiento de una obra, son esenciales dos requisitos:
 - ✓ *Comunicación*, ya que la planificación intermedia plan de trabajo semanal se realiza conjuntamente en la obra.
 - ✓ *Compromiso*, de todos los actores que intervienen directamente en el desarrollo: maestros, supervisores y subcontratistas.

4.3.7.2 DESVENTAJAS.

- En vista que todos los involucrados son muy conservadores, el cambio al uso de nuevas tecnologías se hace un proceso a mediano y largo plazo.

CAPÍTULO 5

5 APLICACIÓN DEL LEAN CONSTRUCTION Y SUS MODELOS COMPLEMENTARIOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL ECUADOR

5.1 LEAN CONSTRUCTION EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE VIVIENDA EN EL ECUADOR

5.1.1 FASE DE PLANEACIÓN

En los proyectos de ingeniería es poco el tiempo que realmente se le dedica al proceso de planeación, y es de aquí donde parten, de su estudio de pre-factibilidad y factibilidad, en la definición de un producto y las fases de ejecución del mismo.

Es importante dedicar tiempo a generar buenos cronogramas de ejecución de los proyectos, de tal manera que se ajusten a la realidad de las obras, no simplemente hacerlos por cumplir un requisito para luego ver como a medida que se avanza las actividades se atrasan y llegan un momento en que se afecta la ruta crítica de los proyectos y los tiempos se vuelven irre recuperables, en este punto no solamente se afecta la duración de la obra sino la misma utilidad del proyecto porque el tiempo significa dinero, cada día de atraso en una obra afecta, nómina y gastos administrativos que generalmente van a parar a los famosos colchones que se manejan en los presupuestos y que aparecen en un capítulo muy bien conocido por los ingenieros, los imprevistos.

En la construcción de viviendas de interés social los presupuestos son muy ajustados, y los atrasos en los cronogramas de ejecución pueden hacer que el proyecto arroje pérdidas en lugar de utilidades.

Al momento de hacer un cronograma existen varias preguntas que se debe formular y formular a todos los involucrados, la persona encargada de organizar las tareas, ¿qué actividades debe tener el proyecto desde su inicio hasta su culminación?, ¿cuál debe ser la duración de cada una de las actividades? Y ¿cómo se relacionan cada una de estas?, una herramienta que puede ser de gran utilidad y que puede

ayudar a realizar un bosquejo de las diferentes actividades del proyecto es la WBS (Work Breakdown Estructura) o estructura desglosada de trabajo.

El programa WBS permite desglosar todas las actividades de un proyecto y organizarlas gráficamente, de tal forma, que sea fácil visualizar su dependencia de otras principales; además al mostrar todo por niveles, permite ocultar sub-tareas de tal forma que solo sean visibles las tareas principales, adicionalmente, se puede ingresar información de la tarea como su duración, costo, fecha de inicio, fecha de culminación y hacer seguimiento mediante el porcentaje completado de la actividad.

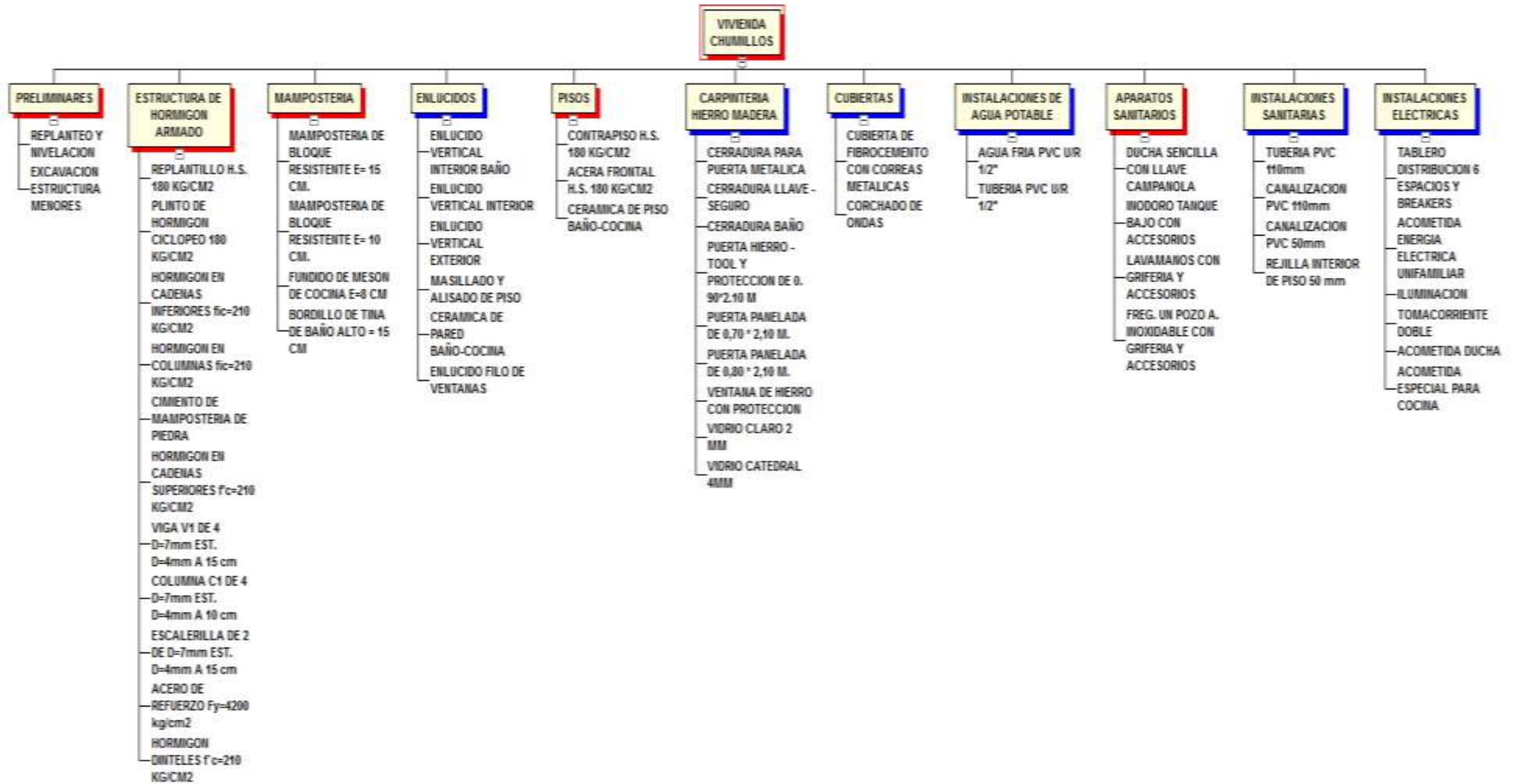


Figura 23. WBS de la Construcción de casas en Chumillos.

Al implementar esta herramienta en la fase de planeación y programación, se puede definir claramente las actividades a desarrollar durante el ciclo de vida del proyecto.

Programar reuniones periódicas sería una alternativa, pero bastante desgastante e implica que cada una de las partes cuente con el tiempo para llevar a cabo la reunión, y muchas veces, si los especialistas no se encuentran en el mismo sitio de trabajo se debe generar desplazamientos. Para evitar este tipo de inconvenientes, se debe tener una buena comunicación e intercambio de información mediante una intranet a la cual tengan acceso sólo los usuarios involucrados en esta fase, en la intranet se puede manejar la siguiente información:

- Información general del proyecto.
- Tareas pendientes a efectuar por cada uno de los usuarios.
- Visualización y modificación de la WBS.
- Visualización y modificación del Project.

Al tener toda esta información centralizada y con acceso restringido se asegura que cada vez que un usuario realice una modificación, ésta quede actualizada automáticamente y no se manejen diferentes versiones de un archivo.

5.1.2 FASE DE DISEÑO

Durante la fase de diseño se define la distribución final de todos los elementos que hacen parte integral del proyecto:

- Diseño arquitectónico.
- Diseño estructural.
- Cimentaciones.
- Diseño hidrosanitario y de gas.
- Diseño eléctrico.

En el sector inmobiliario, los diseños parten del arquitectónico, ya que este indica la distribución de los espacios y de esa distribución se debe definir qué tipo de cimentación se va a emplear, qué sistema estructural se va a utilizar, cuántos puntos eléctricos va a tener cada unidad, puntos hidráulicos, de gas, etc.

En éstos diseños no se deben omitir detalles constructivos ya que son el punto de partida para hacer buenos presupuestos y evitar inconvenientes durante la fase de construcción.

La modelación BIM (Building Information Modeling) es una alternativa para llegar a un nivel de detalle que permita encontrar falencias en los diseños o cosas que no se puedan visualizar en un plano de dos dimensiones, al aplicar este modelo e integrar a cada uno de los involucrados en el diseño se evitarían múltiples reprocesos durante el proceso constructivo reduciendo así mismo el porcentaje de desperdicios lo que redonda en procesos constructivos más eficientes.

Mediante la modelación BIM, se podrían integrar los diseños arquitectónico, estructural, hidrosanitario, gas y eléctrico en un solo archivo que permita visualizar en tres dimensiones la distribución de los elementos en un proyecto, sería importante entonces que en los proyectos a desarrollar antes de llevarlos a su fase de ejecución se tuviera en cuenta todos los detalles que los pueden afectar con el fin de eliminar gran parte de la incertidumbre que se da durante la construcción.



Figura 24. Modelo BIM casa Chumillos

Explicado de forma sencilla, diciendo modelado BIM (Building Information System), nos estamos refiriendo a una serie de programas de nueva generación, que permite ir diseñando tridimensionalmente desde el inicio del proyecto a la vez que se van incorporando información en cada uno de los elementos, de tal forma que esto permite ir cubriendo y calculando costos al mismo tiempo que se va proyectando. En la

siguiente figura se muestra el proceso en el cual se tienen en cuenta todas las fases de vida de un proyecto.

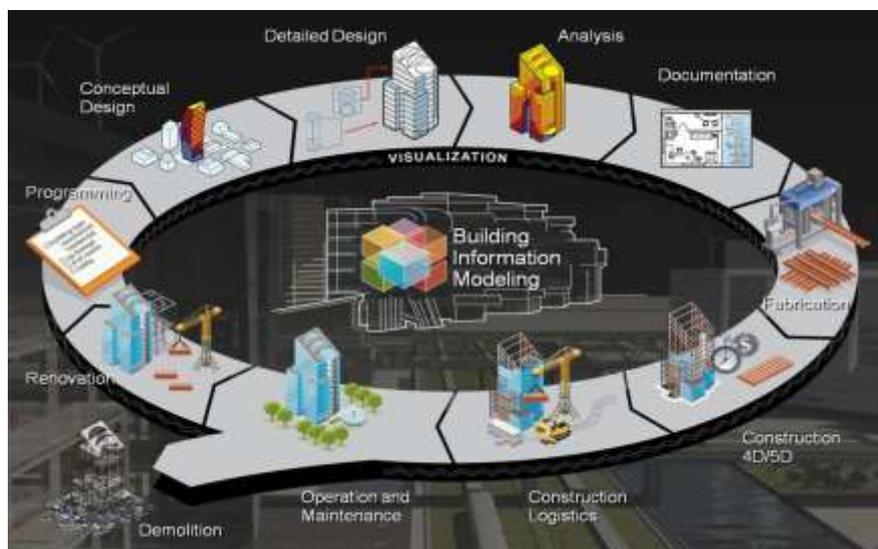


Figura 25. Fases de vida de un proyecto

Fuente: Artes 2011

Luego de tener los diseños totalmente claros, se entra en la elaboración del presupuesto del proyecto que debe ser lo más confiable y ajustado posible.

5.1.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN

Es la fase donde se ejecuta todo lo diseñado y lo planeado, en la fase de construcción todos los planos se vuelven realidad y los precios y costos presupuestados son controlados, se integran todo tipo de contratistas, estructurales, eléctricos, mamposteros, hidrosanitarios, pintores, enchapadores, ventaneros, etc.

La fase de construcción es especialmente crítica debido a varios factores:

- *Existe una alta rotación de personal:* Debido a que los contratos se hacen por obra, labor o término fijo, las condiciones laborales no son las mejores y son pocos los incentivos que se proporciona al personal.
- *No se respeta los tiempos programados:* En muchas ocasiones falta planeación dentro de la obra, no se generan los espacios en los cuales se tengan en cuenta contratos pendientes por adjudicar, equipos necesarios para ejecutar cierto tipo de actividades y disponibilidad del mismo, personal y material necesarios para ejecutar las actividades.

- *Distribución deficiente de los espacios:* En algunos casos no se hace una revisión del espacio disponible para ubicar las oficinas, campamento, los cuartos de almacenaje y patio de hierros, lo que finalmente termina generando sobrecostos por traslado de material y traslado de campamentos.
- *Altos índices de desperdicio:* Generalmente en obra se hace una rectificación de las cantidades presupuestadas inicialmente, y a éstas cantidades se les añade un desperdicio que usualmente es del 5% que no se respeta debido a cortes mal hechos, mala manipulación de materiales e insumos que terminan rotos y la basura sin que nadie responda.
- *Alta accidentalidad:* Por trabajar en condiciones inseguras e inadecuadas, el personal de obra tiene la idea que los elementos de seguridad lo que hacen es entorpecer su labor.

Existen formas de corregir todas estas falencias las cuales se muestran a continuación:

Tabla 12.

Fallas y soluciones de un proyecto

FALLA	DESCRIPCIÓN	SOLUCIÓN
Rotación de personal	Contratos de corta duración	Generar cierta estabilidad laboral mediante contratos con un tiempo mínimo de duración (dependiendo de la duración del proyecto).
	Pocos incentivos	Dar premios al mejor colaborador de cada mes y si es posible al final del año.
	Condiciones laborables deficientes	Dotar de un espacio adecuado para que los trabajadores puedan asearse y cambiarse.
Atrasos en la programación	Demoras en contratación y compra de materiales	Programar tiempos de contratación, cotización, compra y legalización, con el fin de iniciar las actividades en las fechas establecidas y evitando retraso desde el inicio.
	No se determina disponibilidad de ciertos equipos	Tener en cuenta que equipos especiales se van a emplear durante la construcción y determinar con anticipación si hay disponibilidad de los mismos, para las fechas requeridas.
	Personal insuficiente	Determinar cantidad de personas requeridas, teniendo en cuenta los tiempos de contratación,



		con el fin de tenerlos listos al momento de iniciar la ejecución de una actividad.
	Control deficiente de la programación	El método del último Planificador permite identificar tareas próximas a realizar: planificación inicial (programa maestro), planificación intermedia (programa de 4 a 6 semanas) y planificación a corto plazo (plan de trabajo semanal).
	Contratista y proveedores incumplidos	La evaluación de contratistas y proveedores es una herramienta muy importante para mantener la calidad de estos. Se debe evaluar la posibilidad de sustituir al contratista o proveedor que tengan promedios bajos.
Inadecuada distribución de espacios	Campamento y acopio de materiales sin tener en cuenta la ubicación del proyecto	Se debe realizar en el plano de implantación del proyecto la ubicación del campamento y los sitios de acopio de materiales, con el fin de tener una distribución correcta y con espacios necesarios.
Altos índices de desperdicio	Cortes de bloque y ladrillo desechando el sobrante	Se debe optimizar al máximo los cortes mediante un buen proceso de modulación.
	Cortes de cerámica desechando lo que sobra	Al igual que la mampostería, se debe optimizar al máximo los cortes de cerámica mediante un proceso de modulación.
	Cortes y desperdicio de varillas	En la actualidad se cuenta con proveedores que entregan la varilla lista para colocar en obra de acuerdo con las especificaciones requeridas y a tiempo, evitando la producción de desperdicios.
	Desperdicio de hormigón, mortero	Se debe realizar un buen cálculo de volúmenes y rendimientos, para adquirir la cantidad suficiente de material y evitar desperdicios.
Alto porcentaje de accidentalidad	Mal o nulo empleo de los equipo de protección personal	Se debe dotar y obligar a todo el personal que ingrese a obra a utilizar correctamente el equipo de protección personal.
	Poca señalización en obra	Se debe contar con una buena señalización (puntos vacíos, puntos de encuentro, evacuación, etc.) para minimizar el riesgo de accidentes.

5.1.4 FASE DE ENTREGA Y LIQUIDACIÓN

Muchas veces se observan caras de descontento de los clientes al momento de recibir su inmueble debido a que no era lo que esperaban de acuerdo a lo que les ofrecieron en las salas de ventas, y es que las empresas en su afán de vender, no dan claridad a los usuarios en temas como iluminación del inmueble, dotación, acabados, tiempos de garantía, servicio postventa y atención al cliente.

Los procesos de liquidación en ocasiones se hacen extensos e inadecuados debido a que durante el proceso constructivo no se llevó a cabo un control adecuado de costos y programación generándose contratos globales que no permiten retroalimentar el proceso.

El proceso de retroalimentación debe incluir la programación de obra y la satisfacción del cliente. Con la programación de obra se puede identificar las tareas que generaron atrasos en la obra y las que permitieron recuperar ese tiempo describiendo claramente las causas de esa variación, y con respecto al cliente, se pueden realizar encuestas que detecten fallas, las mismas que deben ser atacadas para lograr una mejora continua.

Aunque en la construcción cada proyecto es único y existen numerosos factores que los pueden afectar, también es cierto, que las similitudes entre uno y otro pueden ayudar a mitigar riesgos, por esto, es importante generar un informe final en el que se revelen aspectos relevantes del proyecto. Un informe de cierre podría contener la siguiente información:

- ✓ *Identificación del proyecto:* Se debe especificar el nombre, localización, valor de venta del metro cuadrado construido, unidades construidas y vendidas, parqueaderos privados y de visitantes, área construida y presupuesto.
- ✓ *Análisis de costos y sus variaciones:* Dentro de los costos más significativos en un proyecto se encuentran el acero, el concreto, el ladrillo, el bloque, la mano de obra directa.
- ✓ *Análisis de programación:* Es necesario identificar atrasos importantes que afectaron a la ruta crítica con el fin de establecer tiempos más reales en futuros proyectos.
- ✓ *Análisis de entrega:* Tener en cuenta lo que los clientes piensan en cuanto al cumplimiento, calidad del producto entregado, distribución de áreas y acabados,

dotación tanto de inmueble como de zonas comunes y acompañamiento durante el proceso de adquisición, muchas empresas se preocupan solo por vender y los trámites de créditos se los dejan al cliente.

Todas las fases de un proyecto son importantes y están estrechamente relacionadas, la idea es que cada vez que se desarrolle uno se traigan mejoras de otro ya hecho, la tarea entonces es reducir al máximo todas aquellas actividades que no agregan valor y eliminar la mayor cantidad de restricciones.

5.2 PROYECTO DE ESTUDIO: CONSTRUCCIÓN CASAS DE INTERÉS SOCIAL

5.2.1 GENERALIDADES Y UBICACIÓN DEL PROYECTO DEL PROYECTO

EL proyecto Chumillos, proyecto de estudio, está ubicado en la parroquia Cangagua, cantón Cayambe, provincia de Pichincha, en el cual se construirá 6 viviendas nuevas de interés social de 36 m² cada una.



Figura 26. Croquis Proyecto Chumillos

Cabe señalar que, viviendas de interés social son aquellas que se desarrollan para garantizar el derecho a la vivienda de los hogares de menores ingresos. En cada plan

nacional de desarrollo, el Gobierno Nacional establece el tipo y precio máximo de las soluciones destinadas a estos hogares teniendo en cuenta, entre otros aspectos, las características del déficit habitacional, las posibilidades de acceso al crédito de los hogares, las condiciones de la oferta, el monto de recursos de crédito disponibles por parte del sector financiero y la suma de fondos del Estado destinados a los programas de vivienda.

5.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES A SER UTILIZADOS EN EL PROYECTO

Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas autorizadas por el contratante, los materiales y productos que se comercializan para estas viviendas de interés social, utilizados en las cimentaciones, contra-pisos, estructuras horizontales y verticales, mamposterías, cubierta e instalaciones, son los mismos que se utilizan en otro tipo de edificación, porque se parte del concepto que los materiales y productos deben, en todos los casos, garantizar las mejores condiciones de calidad y costo; sólo son los acabados los que hacen la diferencia.

5.2.3 SELECCIÓN DE MUESTRAS

Dado que el tiempo de construcción de viviendas de interés social es relativamente corto en comparación con el tiempo de viviendas económicas de estatus medios y altos, se tomaron dos muestras, tres casa por cada muestra. La muestra A será construida con el sistema de planificación tradicional CPM-PERT y la muestra B será construida aplicando la nueva filosofía Lean Construction, para hacer representativo el análisis comparativo.

5.2.4 DOCUMENTACIÓN CONTRACTUAL DEL PROYECTO

5.2.4.1 PRESUPUESTO

El presupuesto como herramienta de control, permite correlacionar la ejecución presupuestal con el avance físico, su comparación con el costo real permite detectar y corregir fallas y prevenir causales de variación por ajuste en alcances o cambios en actividades. No debe concebirse como un documento estático, cuya función concluye

una vez elaborado. El presupuesto de construcción se debe estructurar como un instrumento dinámico, que además de confiable y preciso sea fácilmente controlable.

Tabla 13.

Presupuesto Proyecto Construcción Casas Chumillos

Código	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
	PRELIMINARES				
1	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	36,00	0,99	35,64
2	EXCAVACION ESTRUCTURA MENORES	M3	5,42	6,23	33,77
	ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO				
3	REPLANTILLO H.S. 180 KG/CM2	M3	0,17	100,57	17,10
4	PLINTO DE HORMIGON CICLOPEO 180 KG/CM2	M3	1,42	93,67	133,01
5	HORMIGON EN CADENAS INFERIORES $f_{ic}=210$ KG/CM2	M3	0,85	185,40	157,59
6	HORMIGON EN COLUMNAS $f_{ic}=210$ KG/CM2	M3	0,48	185,33	88,96
7	CIMIENTO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	M3	3,66	57,15	209,16
8	HORMIGON EN CADENAS SUPERIORES $f_{c}=210$ KG/CM2	M3	0,61	201,77	123,08
9	VIGA V1 DE 4 D=7mm EST. D=4mm A 15 cm	M	45,13	4,06	183,23
10	COLUMNA C1 DE 4 D=7mm EST. D=4mm A 10 cm	M	28,91	4,31	124,60
11	ESCALERILLA DE 2 DE D=7mm EST. D=4mm A 15 cm	M	36,61	2,43	88,96
12	ACERO DE REFUERZO $F_y=4200$ kg/cm2	KG	12,64	1,61	20,35
13	HORMIGON DINTELES $f_{ic}=210$ KG/CM2	M3	0,04	165,75	6,63
	MAMPOSTERIA				
14	MAMPOSTERIA DE BLOQUE RESISTENTE E= 15 CM.	M2	62,95	9,48	596,77
15	MAMPOSTERIA DE BLOQUE RESISTENTE E= 10 CM.	M2	6,57	8,37	54,99
16	FUNDIDO DE MESON DE COCINA E=8 CM	M	1,60	24,24	38,78
17	BORDILLO DE TINA DE BAÑO ALTO = 15 CM	M	1,15	40,38	46,44
	ENLUCIDOS				
18	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR BAÑO	M2	12,79	4,82	61,65
19	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	M2	85,10	4,82	410,18
20	ENLUCIDO VERTICAL EXTERIOR	M2	20,27	5,30	107,43
21	MASILLADO Y ALISADO DE PISO	M2	31,39	4,47	140,31
22	CERAMICA DE PARED BAÑO-COCINA	M2	9,48	57,15	541,78
23	ENLUCIDO FILO DE VENTANAS	M	15,80	24,25	383,16
	PISOS				
24	CONTRAPISO H.S. 180 KG/CM2	M2	30,33	11,06	335,45
25	ACERA FRONTAL H.S. 180 KG/CM2	M2	2,10	11,15	23,42
26	CERAMICA DE PISO BAÑO-COCINA	M2	27,78	57,21	1.589,29
	CARPINTERIA HIERRO MADERA				
27	CERRADURA PARA PUERTA METALICA	U	1,00	20,69	20,69

28	CERRADURA LLAVE – SEGURO	U	2,00	14,27	28,54
29	CERRADURA BAÑO	U	1,00	11,50	11,50
30	PUERTA HIERRO -TOOL Y PROTEC. DE 0. 90*2.10 M	U	1,00	153,48	153,48
31	PUERTA PANELADA DE 0,70 * 2,10 M.	U	1,00	106,25	106,25
32	PUERTA PANELADA DE 0,80 * 2,10 M.	U	2,00	106,25	212,50
33	VENTANA DE HIERRO CON PROTECCION	M2	4,24	59,06	250,41
34	VIDRIO CLARO 2 MM	M2	4,00	8,61	34,44
35	VIDRIO CATEDRAL 4MM	M2	0,96	10,25	9,84
	CUBIERTAS				
36	CUBIERTA FIBROCEMENTO CON CORREAS METAL.	M2	44,73	13,27	593,57
36.5	CORCHADO DE ONDAS	M	10,22	24,15	246,81
	INSTALACIONES DE AGUA POTABLE				
37	AGUA FRIA PVC U/R 1/2"	PTO	4,00	10,81	43,24
38	TUBERIA PVC U/R 1/2"	M	4,00	2,84	11,36
	APARATOS SANITARIOS				
39	DUCHA SENCILLA CON LLAVE CAMPANOLA	U	1,00	17,20	17,20
40	INODORO TANQUE BAJO CON ACCESORIOS	U	1,00	86,96	86,96
41	LAVAMANOS CON GRIFERIA Y ACCESORIOS	U	1,00	50,37	50,37
42	FREGADERO UN POZO ACERO INOXI. CON GRIFERIA Y ACCESORIOS	U	1,00	58,26	58,26
	INSTALACIONES SANITARIAS				
43	TUBERIA PVC 110mm	M	2,00	9,12	18,24
44	CANALIZACION PVC 110mm	PTO	1,00	14,38	14,38
45	CANALIZACION PVC 50mm	PTO	3,00	11,79	35,37
46	REJILLA INTERIOR DE PISO 50 mm	U	1,00	5,85	5,85
	INSTALACIONES ELECTRICAS				
47	TABLERO DISTRIBUCION 6 ESPACIOS Y BREAKERS	U	1,00	50,80	50,80
48	ACOMETIDA ENERGIA ELECTRICA UNIFAMILIAR	U	1,00	6,50	6,50
49	ILUMINACION	PTO	6,00	14,94	89,64
50	TOMACORRIENTE DOBLE	PTO	6,00	12,16	72,96
51	ACOMETIDA DUCHA	PTO	1,00	26,13	26,13
52	ACOMETIDA ESPECIAL PARA COCINA	PTO	1,00	31,54	31,54
		SUBTOTAL			7.838,56
		IND. 15%			1175,78
		TOTAL			9014,34

5.2.4.2 CRONOGRAMA

Un Cronograma es una representación gráfica y ordenada con tal detalle para que un conjunto de funciones y tareas se lleven a cabo en un tiempo estipulado y bajo unas condiciones que garanticen la optimización del tiempo. Los cronogramas son herramientas básicas de organización en un proyecto, en la realización de una serie

pasos para la culminación de tarea, son ideales para eventos, son la base principal de ejecución de una producción organizada.

ITEM	RUBRO O ACTIVIDAD	USD. (%)	TIEMPO EN MESES/SEMANA											
			1				2				3			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	PRELIMINARES	69,41 0,89%	34,71 50%	34,71 50%										
2	ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO	1.152,68 14,71%		230,54 20%	230,54 20%	230,54 20%	230,54 20%	230,54 20%						
3	MAMPOSTERIA	736,98 9,40%				184,25 25%	184,25 25%	294,79 40%	73,70 10%					
4	ENLUCIDOS	1.644,50 20,98%						822,25 50%	328,90 20%	328,90 20%	164,45 10%			
5	PISOS	1.948,16 24,85%						1.363,71 70%	292,22 15%	292,22 15%				
6	CARPINTERÍA HIERRO / MADERA	827,65 10,56%								206,91 25%	206,91 25%	206,91 25%	206,91 25%	
7	CUBIERTA	840,38 10,72%						252,11 30%	210,10 25%	210,10 25%	168,08 20%			
8	INSTALACIONES DE AGUA POTABLE	54,60 0,70%			13,65 25%	13,65 25%					13,65 25%	13,65 25%		
9	APARATOS SANITARIOS	212,79 2,71%				53,20 25%	53,20 25%					53,20 25%	53,20 25%	
10	INSTALACIONES SANITARIAS	73,84 0,94%			18,46 25%	18,46 25%							18,46 25%	18,46 25%
11	INSTALACIONES ELECTRICAS	277,57 3,54%			69,39 25%	69,39 25%							69,39 25%	69,39 25%
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	INVERSION PARCIAL (USD)	7.838,56	34,71	265,24	332,04	569,48	467,98	2.963,40	904,92	1.038,13	553,09	273,76	347,96	87,85
	INVERSION ACUMULADA (USD)		34,71	299,95	631,98	1.201,47	1.669,44	4.632,85	5.537,77	6.575,90	7.128,99	7.402,75	7.750,71	7.838,56
	AVANCE FISICO PARCIALE (%)	100,00	0,44%	3,38%	4,24%	7,27%	5,97%	37,81%	11,54%	13,24%	7,06%	3,49%	4,44%	1,12%
	AVANCE FISICO ACUMULADO (%)		0,44%	3,83%	8,06%	15,33%	21,30%	59,10%	70,65%	83,89%	90,95%	94,44%	98,88%	100,00%
	INVERSION REAL (USD)	7.838,56	34,71	250,00	350,00	600,00	500,00	2.600,00	900,00	1.000,00	497,24	250,00	487,68	100,00
	INVERSION ACUMULADA REAL (USD)		34,71	284,71	634,71	1.234,71	1.734,71	4.334,71	5.234,71	6.234,71	6.731,95	6.981,95	7.469,63	7.569,63
	AVANCE FISICO PARCIALE REAL (%)	100,00	0,44%	3,19%	4,47%	7,65%	6,38%	33,17%	11,48%	12,76%	6,34%	3,19%	6,22%	1,28%
	AVANCE FISICO REAL ACUMULADO (%)		0,44%	3,63%	8,10%	15,75%	22,13%	55,30%	66,78%	79,54%	85,88%	89,07%	95,29%	96,57%

Tabla 14. Cronograma Valorado Proyecto Casas Chumillos

5.2.4.3 PLANOS CONSTRUCTIVOS

Los planos son los documentos más utilizados del proyecto y por ello han de ser completos, suficientes y concisos. Deben incluir la información necesaria para ejecutar la obra objeto del proyecto en la forma más concreta posible y sin dar información inútil e innecesaria.

Los planos tienen un carácter vinculante en las reclamaciones jurídicas de un contrato de obra, los planos forman parte de la documentación contractual del proyecto. Deben realizarse con sumo cuidado, pues sus errores pueden tener repercusiones muy grandes.

Planos constructivos de las casas de Chumillos ver Anexo 1.

5.2.5 PLANIFICACIÓN TRADICIONAL MÉTODO CPM-PERT

5.2.5.1 ANÁLISIS DE MEDICIONES DE ACTIVIDAD

Con el fin de evitar alteraciones en los niveles de actividad del proyecto, realizamos visitas previas, para familiarizarnos con la disposición de la obra y con el personal. Con las tres categorías de trabajo (TP, TC Y TNC) se procede a tomar mediciones de las actividades que ejecutaban cada uno de los obreros del proyecto, asignándoles una de las categorías de trabajo.

El procedimiento de medición comprende recorrer el total de la obra o visualizarla desde un punto estático (simple observación). De esta forma, cada vez que se encuentre o visualice un obrero, se deberá anotar en los formatos si es que está realizando algún TP, TC o TNC, y dentro de estas dos últimas categorías, es necesario especificar la clasificación del mismo descuerdo con las actividades que se hayan considerado.

Es necesario que se especifique la definición de cada categoría, para lo cual se establecieron las siguientes características dentro de esta investigación:

✓ TRABAJO CONTRIBUTIVO:

- *Transporte de materiales (T).*- Considera los desplazamientos de los obreros con los materiales requeridos para la ejecución de una actividad. No considera los tramos en los cuales el trabajador camina con las manos vacías en busca del material.

- *Limpieza (L).*- Considera labores de aseo en el lugar de trabajo, para facilitar los movimientos y actividades de los obreros.
- *Instrucciones (I).*- En forma periódica el residente de obra, maestro mayor o superiores, entrega instrucciones de cómo ejecutar alguna actividad o supervisar las mismas, esto no implica la detención de los trabajos, a menos que sea necesario.
- *Mediciones (M).*- Considera la preparación de material para encofrados, comprobación de replanteos o ubicación de estructuras requeridas para la ejecución de obra.
- *Otras labores de apoyo (X).*- Considera el resto de actividades que aportan a la ejecución de la obra, que no se encuentran detalladas en las categorías anteriores.

✓ TRABAJO NO CONTRIBUTIVO:

- *Esperas (E).*- Se generan esperas, cuando los obreros se encuentran en excavaciones, lugares de altura o a una distancia considerable de los materiales para continuar con sus labores, inclusive cuando reciben instrucciones.
- *Descansos (D).*- Detenciones a causa de agotamiento físico o para recibir alimentos o agua.
- *Trabajo rehecho (R).*- Por falta de supervisión, instrucciones correctas (planos equívocos) o mala planificación de la propiedad de ciertas actividades, se debe rehacer el trabajo.
- *Tiempo ocioso (O).*- Considera a los obreros que no se encuentran realizando actividad alguna en beneficio de la obra, existiendo actividades de apoyo que podría desarrollar.
- *Viajes (V).*- Es el desplazamiento de los obreros a las distintas áreas del proyecto cuando se requiere de un vehículo, debido a las dimensiones del mismo.
- *Necesidades biológicas (B).*- Esta categoría se define sola.

- *Otras actividades no productivas (Y).*- Considera el resto de actividades que no aportan al proyecto y no se encuentran detalladas en las categorías anteriores.

Posteriormente realizamos el análisis de los datos obtenidos en campo para lograr del total de mediciones, el porcentaje de TP, TC y TNC, con lo cual se pudo determinar el nivel de productividad de la muestra A y de esta forma determinar las actividades que presentan una mayor fuente de pérdida.

En los anexos 2 y 3 se pueden encontrar los formatos y las mediciones realizadas en cada una de las muestras.

5.2.5.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS TOMADAS EN LA CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL

En la gráfica No. 27 encontramos los porcentajes de actividad de las categorías de trabajo, en la cual encontramos que el trabajo productivo abarca un 36%, el trabajo contributivo un 43% y el trabajo no contributivo abarca un 21%.



Figura 27. Niveles de actividad casa A

En la figura 28. se encuentran las actividades que pertenecen a la categoría de trabajo contributivo (TC), dentro del cual podemos observar que el transporte posee un 25% del total de actividades de esta categoría.

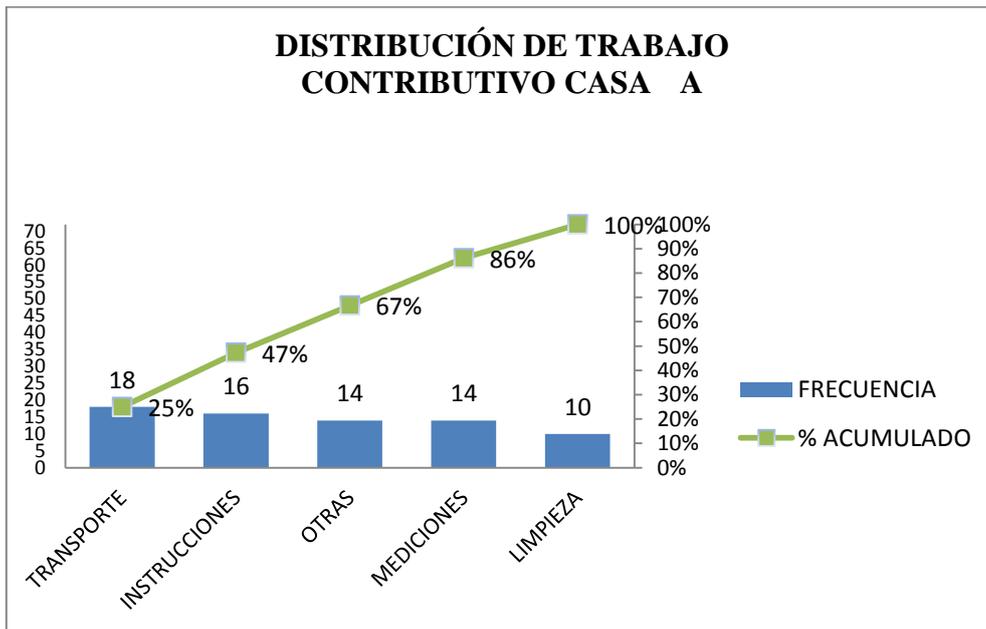


Figura 28. Distribución de Trabajo Contributivo casa A.

En la gráfica 29. encontramos las actividades que pertenecen a la categoría de Trabajo No Contributivo (TNC), dentro de la cual observamos que los viajes poseen un 25% del total de actividades dentro de esta categoría.

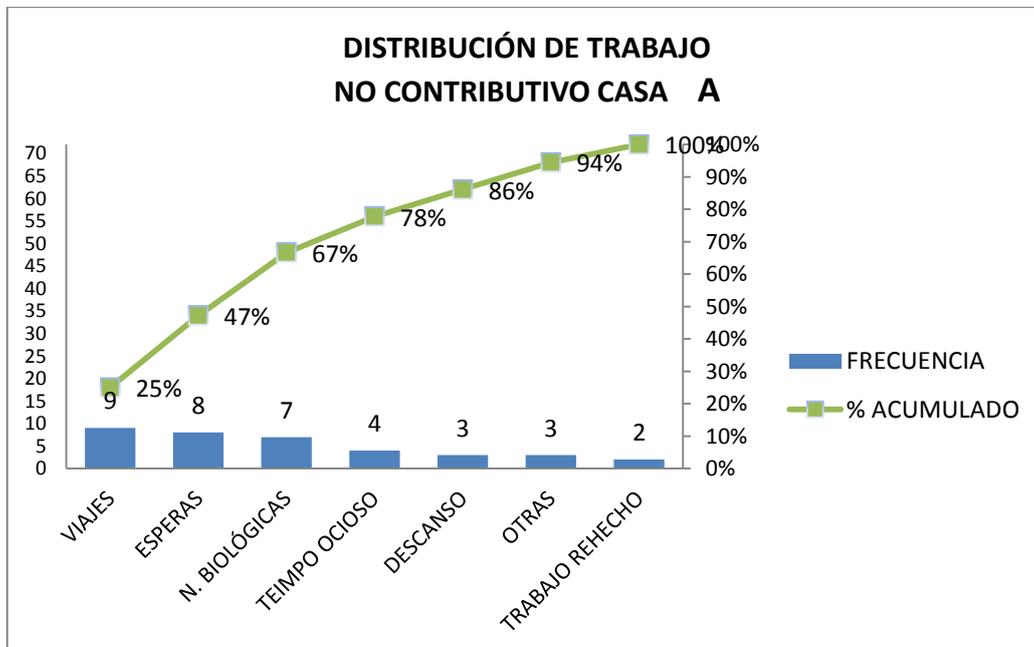


Figura 29. Distribución de Trabajo No Contributivo casa A

Observando las figuras anteriores, podemos decir que es preocupante que más del 50% de las actividades de la construcción no son productivas, llegando a un valor mayor del 21% de actividades no contributivas en la construcción tradicional.

Tabla 15.

Listado de actividades del Proyecto Construcción Casa Chumillos

ITEM	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
	PRELIMINARES	
1	REPLANTEO Y NIVELACION	A
2	EXCAVACION ESTRUCTURA MENORES	B
	ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO	
3	REPLANTILLO H.S. 180 KG/CM2	C
4	PLINTOS HORMIGON CICLOPEO $f_c= 180$ KG/CM2	D
5	CIMIENTO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	E
6	HORMIGON EN CADENAS INFERIORES $f_{ic}= 180$ KG/CM2	F
7	HORMIGON EN COLUMNAS $f_{ic}= 210$ KG/CM2	G
8	HORMIGON EN CADENAS SUPERIORES $f_c= 210$ KG/CM2	H
9	HORMIGON DINTELES $f_{ic}= 210$ KG/CM2	I
10	VIGA VI DE 4 D=7mm EST.D=4mm a .15 A=100 cm2	J
11	COLUMNA C1 DE 4 D=7mm EST.D=4mm a .10 A=100cm2	K
12	ESCALERILLA DE 2 D=7mm ESTRIBO D=4mm A 15	L
13	ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200$ Kg/cm2	M
	MAMPOSTERIA	
14	MAMPOSTERIA DE BLOQUE E= 15 CM	N
15	MAMPOSTERIA DE BLOQUE E= 10 CM	O
16	FUNDIDO DE MESON DE COCINA E= 8 CM	P
17	BORDILLO DE TINA DE BAÑO ALTO= 15 CM	Q
	ENLUCIDOS	
18	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR BAÑO	R
19	ENLUCIDO VERTICAL INTERIOR	S
20	ENLUCIDO VERTICAL EXTERIOR	T



Continúa

21	MASILLADO Y ALISADO DE PISO	U
22	CERAMICA DE PARED BAÑO-COCINA	V
23	ENLUCIDO FILO DE VENTANAS Y FAJAS	W
	PISOS	
24	CONTRAPISO H.S. 180 KG/CM2	X
25	ACERA FRONTAL H.S. 180 KG/CM2	Y
26	CERAMICA DE PISO BAÑO-COCINA	Z
	CARPINTERIA HIERRO/MADERA	
27	CERRADURA PARA PUERTA METÁLICA	AA
28	CERRADURA LLAVE - SEGURO	AB
29	CERRADURA BAÑO	AC
30	PUERTA HIERRO Y TOL 90x210 Y PROT.	AD
31	PUERTA PANELADA DE 0.70*2.10 M.	AE
32	PUERTA PANELADA DE 0.80*2.10 M.	AF
33	VENTANA DE HIERRO CON PROTECCION	AG
34	VIDRIO CLARO 2 MM	AH
35	VIDRIO CATEDRAL 4 MM	AI
	CUBIERTAS	
36	CUBIERTA DE FIBROCEMENTO SOBRE CORREAS METALICAS	AJ
36.5	CORCHADO DE ONDAS	AK
	INSTALACIONES DE AGUA POTABLE	
37	AGUA FRIA PVC U/R 1/2"	AL
38	TUBERIA PVC U/R DE 1/2"	AM
	APARATOS SANITARIOS	
39	DUCHA SENCILLA CROMADA INCLUYE LLAVE DE CAMPANOLA	AN
40	INODORO TANQUE BAJO CON ACCESORIOS (BLANCO-TIPO FV	AO
41	LAVAMANOS CON GRIFERIA CON ACCESORIOS (BLANCO-TIPO	AP
42	FREGADERO UN POZO ACERO INOXIDABLE-GRIFERIA-ACCESO	AQ
	INSTALACIONES SANITARIAS	
43	TUBERIA PVC 110 mm	AR
44	CANALIZACION PVC 110 mm	AS

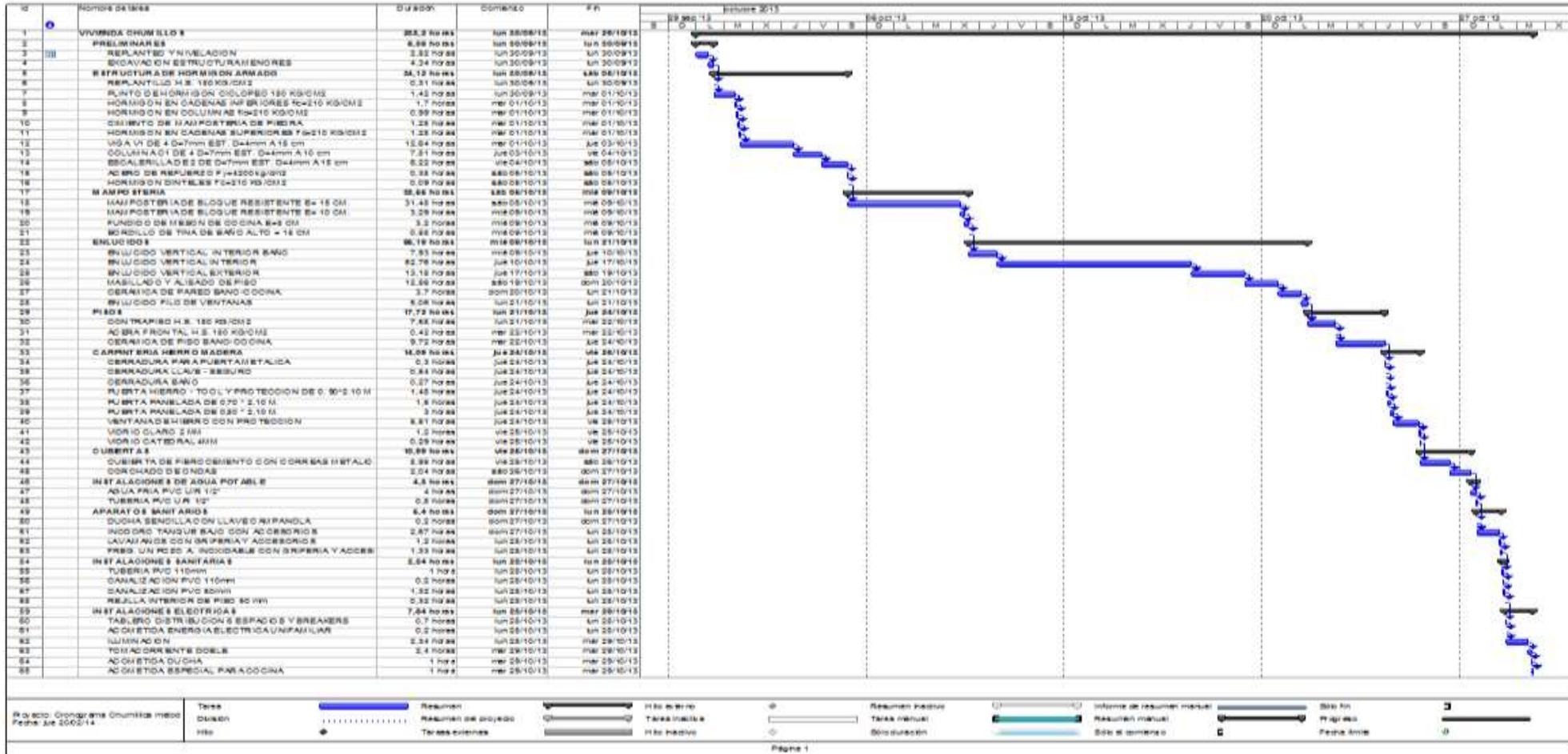


Continúa

45	CANALIZACION PVC 50 mm	AT
46	REJILLA INTERIOR DE PISO 50 mm	AU
	INSTALACIONES ELECTRICAS	
47	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 6 ESPACIOS Y BREAKERS	AV
48	ACOMETIDA ENERGIA ELECTRICA UNIFAMILIAR	AW
49	ILUMINACION	AX
50	TOMACORRIENTE DOBLE	AY
51	ACOMETIDA DUCHA	AZ
52	ACOMETIDA ESPECIAL PARA COCINA	BA

Tabla 16.

Diagrama de Gantt Proyecto Construcción de Casas Chumillos



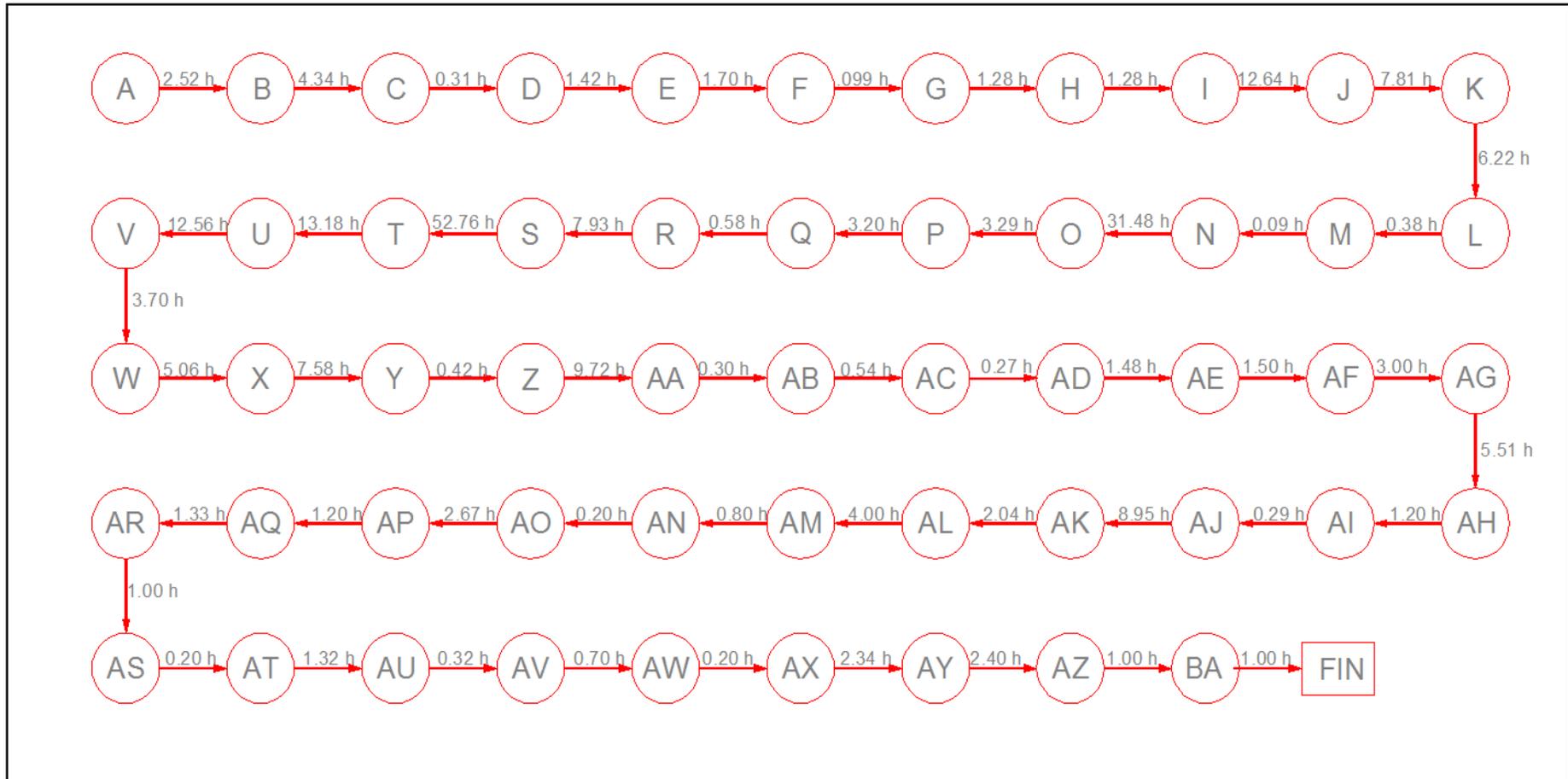


Figura 30. Ruta Crítica del Proyecto Construcción de Casas Chumillos

Tabla 17.

Cronograma Valorado y Curva de Inversión de las Casas Chumillos

CRONOGRAMA CASAS CHUMILLOS

PROYECTO: CHUMILLOS
 PROVINCIA: PICHINCHA
 CANTÓN: CAYAMBE

FECHA: oct-13

ITEM	RUBRO O ACTIVIDAD	USD. (%)	TIEMPO EN MESES/SEMANA													
			1				2				3					
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	PRELIMINARES	69,41 0,89%	34,71 50%	34,71 50%												
2	ESTRUCTURA DE HORMIGON ARMADO	1.152,68 14,71%		230,54 20%	230,54 20%	230,54 20%	230,54 20%									
3	MAMPOSTERIA	736,98 9,40%			184,25 25%	184,25 25%	294,79 40%	73,70 10%								
4	ENLUCIDOS	1.644,50 20,98%					822,25 50%	328,90 20%	328,90 20%	164,45 10%						
5	PISOS	1.948,16 24,85%					1.363,71 70%	292,22 15%	292,22 15%							
6	CARPINTERÍA HIERRO / MADERA	827,65 10,56%							206,91 25%	206,91 25%	206,91 25%	206,91 25%				
7	CUBIERTA	840,38 10,72%					252,11 30%	210,10 25%	210,10 25%	168,08 20%						
8	INSTALACIONES DE AGUA POTABLE	54,60 0,70%			13,65 25%	13,65 25%					13,65 25%	13,65 25%				
9	APARATOS SANITARIOS	212,79 2,71%				53,20 25%	53,20 25%					53,20 25%	53,20 25%			
10	INSTALACIONES SANITARIAS	73,84 0,94%			18,46 25%	18,46 25%							18,46 25%	18,46 25%		
11	INSTALACIONES ELECTRICAS	277,57 3,54%			69,39 25%	69,39 25%							69,39 25%	69,39 25%		
INVERSION PARCIAL (USD)		7.838,56	34,71	265,24	332,04	569,48	467,98	2.963,40	904,92	1.038,13	553,09	273,76	347,96	87,85		
INVERSION ACUMULADA (USD)			34,71	299,95	631,98	1.201,47	1.669,44	4.632,85	5.537,77	6.575,90	7.128,99	7.402,75	7.750,71	7.838,56		
AVANCE FISICO PARCIALE (%)			0,44%	3,38%	4,24%	7,27%	5,97%	37,81%	11,54%	13,24%	7,06%	3,49%	4,44%	1,12%		
AVANCE FISICO ACUMULADO (%)		100,00	0,44%	3,83%	8,06%	15,33%	21,30%	59,10%	70,65%	83,89%	90,95%	94,44%	98,88%	100,00%		
INVERSION REAL (USD)		7.838,56	34,71	250,00	350,00	600,00	500,00	2.600,00	900,00	1.000,00	497,24	250,00	487,68	100,00		
INVERSION ACUMULADA REAL (USD)			34,71	284,71	634,71	1.234,71	1.734,71	4.334,71	5.234,71	6.234,71	6.731,95	6.981,95	7.469,63	7.569,63		
AVANCE FISICO PARCIALE REAL (%)		100,00	0,44%	3,19%	4,47%	7,65%	6,38%	33,17%	11,48%	12,76%	6,34%	3,19%	6,22%	1,28%		
AVANCE FISICO REAL ACUMULADO (%)			0,44%	3,63%	8,10%	15,75%	22,13%	55,30%	66,78%	79,54%	85,88%	89,07%	95,29%	96,57%		

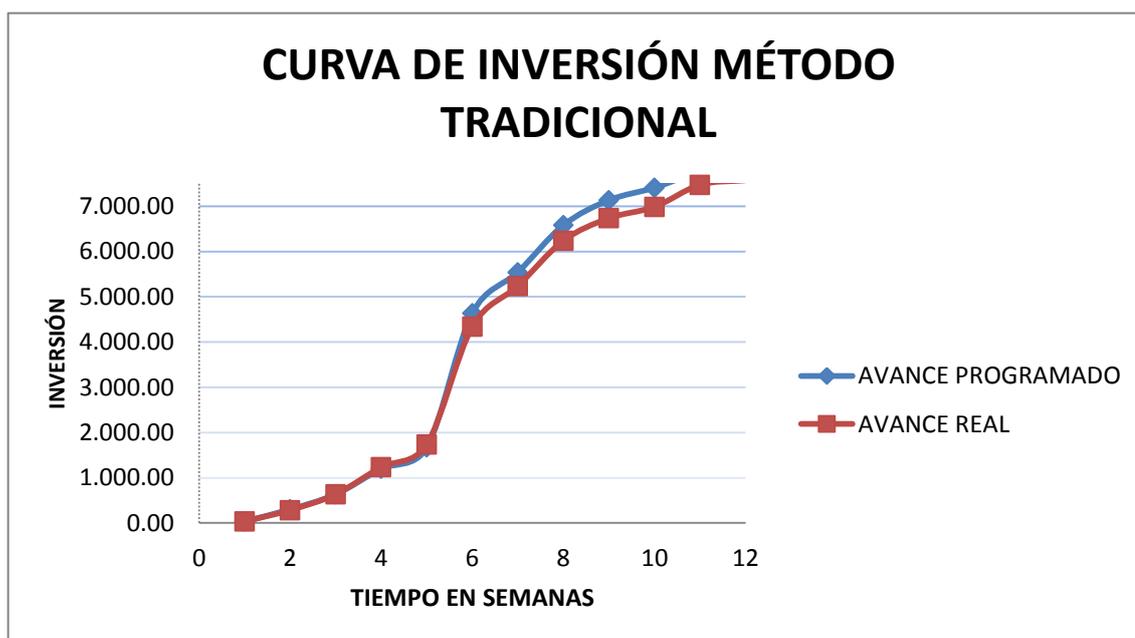


Figura 31. Curva de Inversión Método Tradicional del Proyecto Construcción de Casas Chumillos

5.2.6 PLANIFICACIÓN LEAN CONSTRUCTION

A continuación se verá el proceso de planificación y ejecución que lleva a cabo la nueva filosofía Lean Construction (Construcción sin pérdidas) y sus modelos complementarios, para luego hacer el análisis comparativo de los dos métodos.

5.2.6.1 ANÁLISIS DE MEDICIONES DE ACTIVIDAD

El procedimiento de medición será el mismo que se utilizó en la construcción tradicional expuesta anteriormente, es decir, cada vez que se encuentre o visualice un obrero, se deberá anotar en los formatos si es que está realizando algún TP, TC o TNC, y dentro de estas dos últimas categorías, se utilizará la misma clasificación que se utilizó en la metodología tradicional.

5.2.6.2 ANÁLISIS DE MUESTRAS TOMADAS EN LA CONSTRUCCIÓN CON NUEVA FILOSOFÍA CONSTRUCCIÓN SIN PÉRDIDAS.

En la figura No. 5.10 encontramos los porcentajes de actividad de las categorías de trabajo, en la cual encontramos que el trabajo productivo abarca un 54%, el trabajo contributivo un 34% y el trabajo no contributivo abarca un 13%.



Figura 32. Niveles de actividad casa B

En la figura 33. se demuestra las actividades que pertenecen a la categoría de trabajo contributivo (TC), dentro de la cual podemos observar que el transporte posee un 26% del total de actividades de esta categoría.

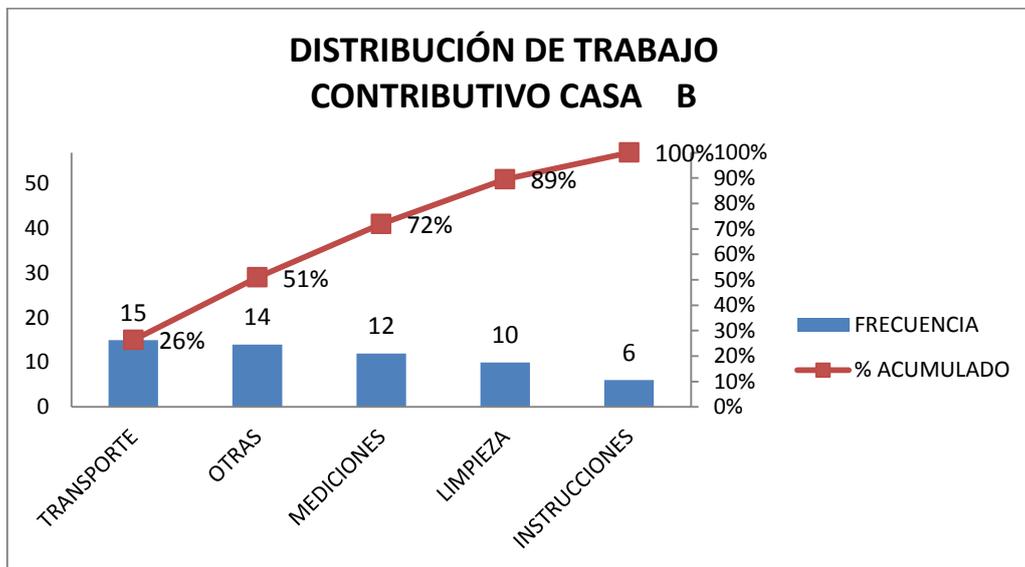


Figura 33. Niveles de actividad casa B

En la gráfica 34. encontramos las actividades que pertenecen a la categoría de Trabajo No Contributivo (TNC), dentro de la cual observamos que las esperas poseen un 33% del total de actividades dentro de esta categoría.

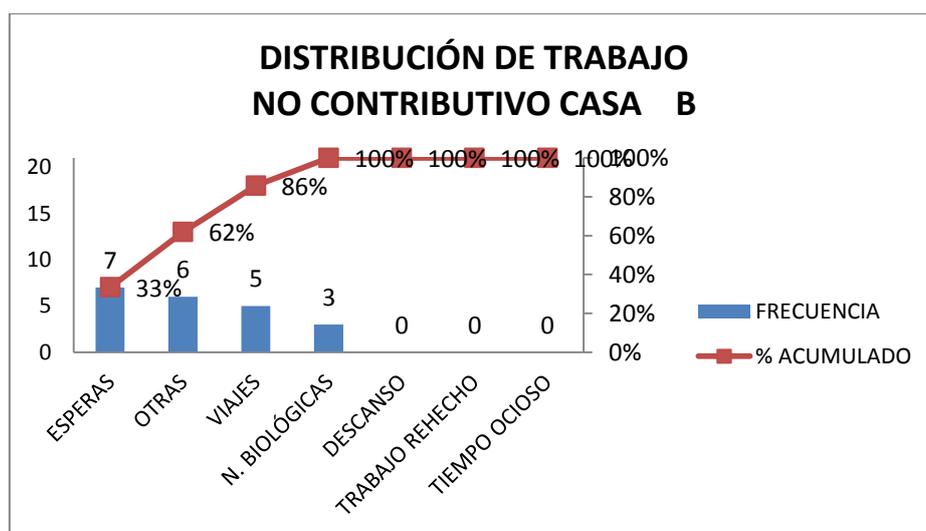
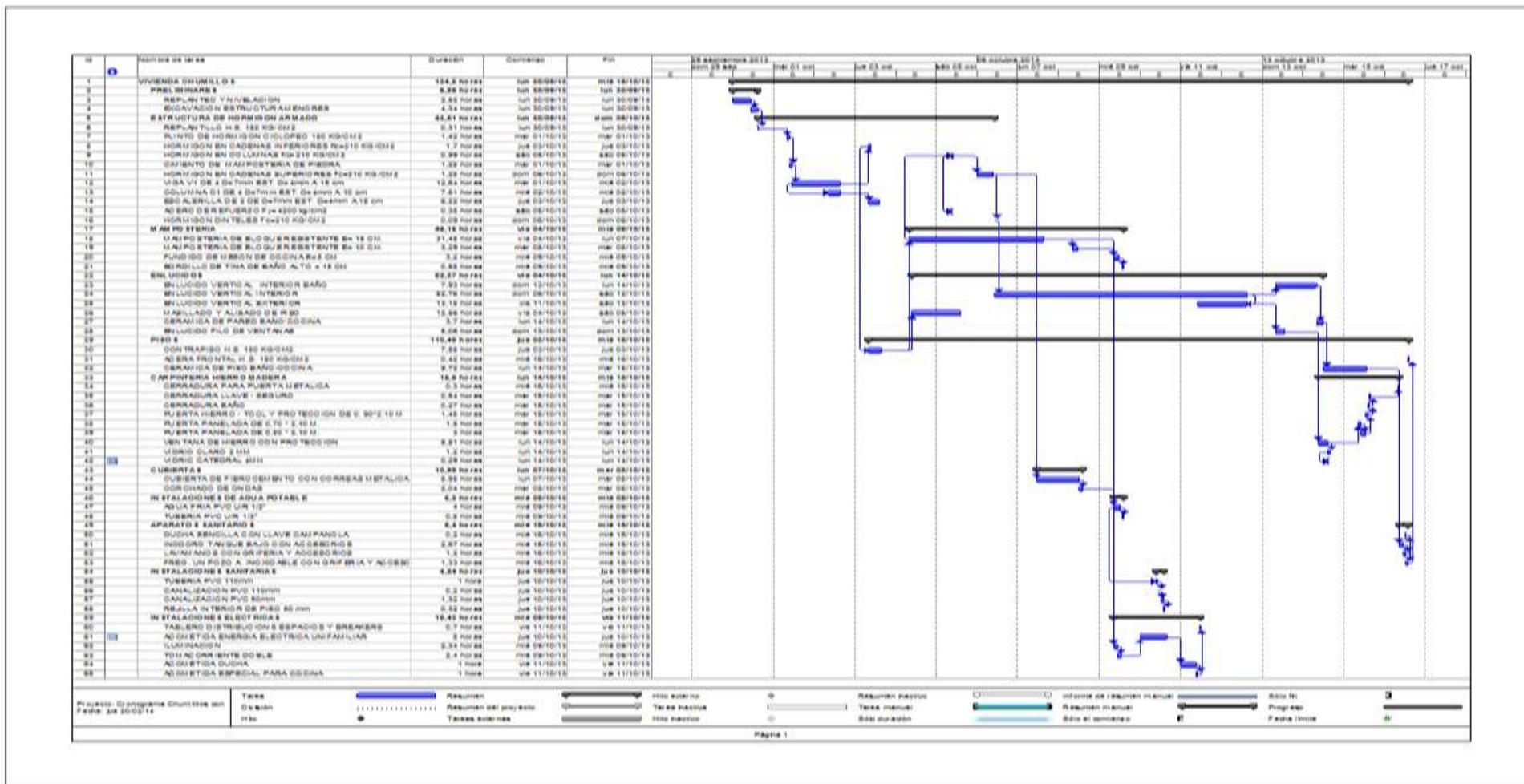


Figura 34. Niveles de actividad casa B

Observando las figuras anteriores, podemos decir que si se sabe llevar bien la nueva filosofía del Lean Construction o Construcción sin Pérdidas, se puede llegar a tener mayor Trabajo Productivo y desaparecer el Trabajo No Contributivo.

Tabla 18.

Diagrama de Gantt Proyecto Construcción de Casas Chumillos



5.2.7 PROGRAMA MAESTRO

En el capítulo anterior se estudió el Plan Maestro definiéndolo como la fase de gran importancia para que el Sistema Último Planificador preste los beneficios esperados, en el anexo 1 se indica el plan maestro de la obra en estudio.

5.2.8 PLANIFICACIÓN INTERMEDIA

La planificación intermedia es la parte principal del sistema del último planificador puesto que este es el procedimiento que hace posible el proceso del sistema. Para esta etapa se toman intervalos de tiempo de 4 a 6 semanas dependiendo de las características del proyecto, nosotros tomaremos intervalos de 4 semanas para lograr una mejor comparación.

CARPINTERÍA DE HIERRO Y MADERA																											
27	Cerradura para puerta metálica																	S	S	S	S	S	S	S	S	SI	
28	Cerradura llave - seguro																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
29	Cerradura baño																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
30	Puerta hierro - tool y protección de 0.90*2.10 m																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
31	Puerta panelada de 0.70 * 2.10 m																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
32	Puerta panelada de 0.80 * 2.10 m																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
33	Ventana de hierro con protección																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
34	Vidrio claro 2 mm																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
35	Vidrio catedral 4 mm																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
CUBIERTAS																											
36	Cubierta de fibrocemento con correas metálicas																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
36.5	Corchado de ondas																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
INSTALACIONES DE AGUA POTABLE																											
37	Agua fría PVC U/R 1/2"																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
38	Tubería PVC U/R 1/2"																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
APARATOS SANITARIOS																											
39	Ducha sencilla con llave campanola																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
40	Inodoro tanque bajo con accesorios																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
41	Lava manos con grifería y accesorios																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
42	Freg. Un pozo a inoxidable con grifería y accesor.																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
INSTALACIONES SANITARIAS																											
43	Tubería PVC 110 mm																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
44	Canalización PVC 110 mm																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
45	Canalización PVC 50 mm																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
46	Rejilla interior de piso 50 mm																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
INSTALACIONES ELÉCTRICAS																											
47	Tablero distribución 6 espacios y breakers																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
48	Acometida energía eléctrica unifamiliar																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
49	Iluminación																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
50	Tomacorriente doble																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
51	Acometida ducha																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI
52	Acometida especial para cocina																		S	S	S	S	S	S	S	S	SI

Tabla 19. Planificación Intermedia Proyecto Construcción Casas Chumillos

5.2.8.1 PLANIFICACION SEMANAL

Semana No. 1 comprendida del 31 de Septiembre al 06 Octubre 2013

PLANIFICACIÓN SEMANAL					EMISIÓN		REVISIÓN												
					FECHA: 20-09-13		FECHA: 24-09-13												
ACTIVIDAD	SEMANA 01	RESPONSABLE	META		CARTA GANTT SEMANAL	Causas de no cumplimiento													
			COMPROMETIDO	ALCANZADA		Falta de prerequisites	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Cambios en proyecto	Falta equipo Herramienta	Mal rendimiento	Falta de subcontrato	Falta de proveedor	Problemas de pago	Otros				
																30	1	2	3
					L	M	M	J	V	S	D								
Replanteo y nivelación			100%	100%															
Excavación estrura menores			100%	100%															
Replanteo H. S. 180 Kg/cm ²			100%	100%															
Plinto de hormigón ciclópeo 180 Kg/cm ²			100%	100%															
Cimiento de mampostería de piedra			100%	100%															
Viga V1 de 4 D=7mm EST. D=4mm a 15 cm			100%	100%															
Columna C1 de 4 D=7mm Str. D=4mm a 10 cm			100%	100%															
Hormigón en cadenas inferiores f'c= 210 Kg/cm ²			100%	100%															
Escalera de 2 de D=7mm EST. D=4mm a 15 cm			100%	100%															
Contrapiso H.S. 180 Kg/cm ²			100%	100%															
Mampostería de bloque resistente E=15 cm			60%	60%															
Masillado y alisado de piso			100%	100%															
Hormigón de columnas f'c= 210 Kg/cm ²			100%	100%															
Acero de refuerzo Fy=4200 Kg/cm ²			100%	100%															
Hormigón en cadenas superiores f'c= 210 Kg/cm ²			100%	100%															
Hormigón dinteles f'c= 210 Kg/cm ²			100%	100%															
Enlucido vertical interior			15%	15%															

Semana No. 2 comprendida del 31 de Septiembre al 06 Octubre 2013

PLANIFICACIÓN SEMANAL					EMISIÓN		REVISIÓN												
					FECHA: 01-10-13		FECHA: 04-10-13												
ACTIVIDAD	SEMANA 02	RESPONSABLE	META		CARTA GANTT SEMANAL	Causas de no cumplimiento													
			COMPROMETIDO	ALCANZADA		Falta de prerequisites	Falta de materiales	Falta de mano de obra	Cambios en proyecto	Falta equipo Herramienta	Mal rendimiento	Falta de subcontrato	Falta de proveedor	Problemas de pago	Otros				
																7	8	9	10
					L	M	M	J	V	S	D								
Mampostería de bloque resistente E=15 cm			40%	40%															
Enlucido vertical interior			85%	85%															
Cubierta de fibrocemento con correas metálicas			100%	100%															
Corchado de ondas			100%	100%															
Mampostería de bloque resistente E=10 cm			100%	100%															
Fundido de meson de cocina E=8 cm			100%	100%															
Bordillo de tina de baño alto = 15 cm			100%	100%															
Iluminación			100%	100%															
Agua fría PVC U/R 1/2"			100%	100%															
Tubería PVC U/R 1/2"			100%	100%															
Tomacorriente doble			100%	100%															
Tubería PVC 110 mm			100%	100%															
Canalización PVC 110 mm			100%	100%															
Canalización PVC 50 mm			100%	100%															
Rejilla interior de piso 50 mm			100%	100%															
Acometida energía eléctrica unifamiliar			100%	100%															
Acometida especial para cocina			100%	100%															
Acometida ducha			100%	100%															
Tablero distribución 6 espacios y breakers			100%	100%															
Enlucido vertical exterior			100%	100%															
Enlucido filo de ventanas			100%	100%															
Enlucido vertical interior de baño			50%	50%															

Semana No. 3 comprendida del 31 de Septiembre al 06 Octubre 2013

Ítem	Descripción de la actividad	Responsable			% Completado		Logrado		Análisis del no cumplimiento
		M. Mayor	Albañiles	Peones	Planificado	Real	SI	NO	
14	N	1	1	1	100	90	X		
19	S	1	1	1	100	100	X		
36	AJ	1	1	1	100	100	X		
36.5	AK	1	1	1	100	100	X		
15	O	1	1	1	100	100	X		
16	P	1	1	1	100	100	X		
17	Q	1	1	1	100	100	X		
49	AX	1	1	1	100	100	X		
37	AL	1	1	1	100	100	X		
38	AM	1	1	1	100	100	X		
50	AY	1	2	2	100	100	X		
43	AR	1	1	1	100	100	X		
44	AS	1	1	1	100	100	X		
45	AT	1	1	1	100	100	X		
46	AV	1	1	1	100	100	X		
48	AW	1	1	1	100	100	X		
52	BA	1	1	1	100	100	X		
51	AZ	1	1	1	100	100	X		
47	AV	1	1	1	100	100	X		
20	T	1	1	1	100	100	X		
23	W	1	1	1	100	100	X		
18	R	1	1	1	100	100	X		
Sumatoria					2200	2190			
# Actividades Completas					22	22			
% de cumplimiento (PAC)						100%			

PAC - Semana 3.

Ítem	Descripción de la actividad	Responsable			% Completado		Logrado		Análisis del no cumplimiento
		M. Mayor	Albañiles	Peones	Planificado	Real	SI	NO	
18	R	1	1	1	100	100	X		
22	V	1	1	1	100	100	X		
33	AG	1	2	2	100	100	X		
35	AI	1	1	1	100	100	X		
26	Z	1	1	1	100	90		X	Faltó material para remates.
34	AH	1	1	1	100	100	X		
31	AE	1	2	1	100	100	X		
32	AF	1	2	1	100	100	X		
30	AD	1	4	4	100	100	X		
29	AC	1	1	1	100	100	X		
28	AB	1	1	1	100	100	X		
27	AA	1	1	1	100	100			
41	AP	1	1	1	100	100	X		
40	AO	1	1	1	100	100	X		
39	AN	1	1	1	100	100	X		
42	AQ	1	1	1	100	100	X		
25	Y	1	2	3	100	100	X		
Sumatoria					1700	1690			
# Actividades Completas					17	17			
% de cumplimiento (PAC)						99%			

Tabla 21. Control de Unidades de producción del Proyecto Construcción Casas Chumillos

5.3 AJUSTES DE TIEMPO – COSTO

Cualquier proyecto de construcción se divide con facilidad en un número de procesos u operaciones, cada uno de los cuales puede realizarse mediante diferentes combinaciones de los métodos de construcción, de equipo, de tamaño de cuadrillas de obreros y de las horas de trabajo. Los factores más importantes pueden ser el costo, el tiempo o los dos.

La primera impresión es que el costo directo de cada operación debe predominar, con el fin de que las tareas pueden terminarse con el costo total más bajo, pero el costo total del proyecto incluye todas las cargas directas y los gastos generales asociados a la ejecución completa de los trabajos, y éstos son proporcionales al tiempo.

El problema costo-tiempo tiene un número de soluciones. Si el tiempo careciera de importancia, cada operación, se realizaría de forma que el costo directo fuese el más bajo. Si el costo no tuviera importancia cada proceso podría acelerarse con el fin de terminarlo en el menor tiempo posible. El acelerar un proceso puede aumentar su costo y reducir el tiempo, pero no puede reducir el tiempo total del proyecto a menos que sea una actividad en la cadena de la ruta crítica, por lo que se puede deducir que, existe una relación entre la duración de una actividad y el costo de su ejecución.

La solución del problema tiempo-costo no es simple. Todos los costos varían con el tiempo, los costos directos tienden a disminuir si hay más tiempo disponible y los indirectos aumentan con el tiempo, para encontrar una solución real del proyecto, se debe hacer varios supuestos relacionados con la curva tiempo-costo:

El primero, es que cada actividad tiene alguna clase de relación tiempo-costo en la mayoría de los casos, pero podría haber alguna actividad que tuviera un costo fijo sin importar el tiempo que se necesite para ejecutarla.

El segundo es que la variación en los tiempos y costos es lineal, es decir, aumentan o disminuyen en forma proporcional. Por lo tanto, el equilibrio correcto entre tiempo y costos es lo que da la solución óptima.

La importancia en la planificación de la obra, consiste en fijar de antemano los costos de materiales, equipos y rendimientos de la mano de obra para una duración esperada del proyecto, haciendo los ajustes necesarios durante la ejecución.

5.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS DE MUESTRAS

Como se puede observar, al analizar los resultados obtenidos en la ejecución de las 2 casa, a pesar que se utilizó el mismo método de construcción, los mismos materiales y en forma y tamaño son exactamente iguales, se aprecia que utilizando el método Construcción sin pérdidas y su herramienta el Sistema Último Planificador como sistema de planificación y ejecución se tiene ventajas sustanciales, como la cantidad de tiempo que se ahorra a la hora de ejecutar la obra, a pesar del retraso que se dio al iniciar con el rubro de cerámica de piso de baños y cocina y la mampostería de bloque de 15 cm, esto se debe a que se tiene mayor control de todas las partes que intervienen en el proceso (diseños, materiales, mano de obra, herramientas, equipo y proveedores entre otros).

Al tener un mayor control de todas las partes que involucran, y al darle seguimiento semanal a los mismos, es donde se puede obtener la seguridad de la continuidad del proceso, puesto que se está al tanto de que hay que estar liberando las restricciones para que no exista ningún retraso o en su defecto, minimizar el retraso. Además esto hace que se tenga presente qué restricciones están libres, y por consiguiente qué trabajos se pueden ir adelantando durante el proceso.

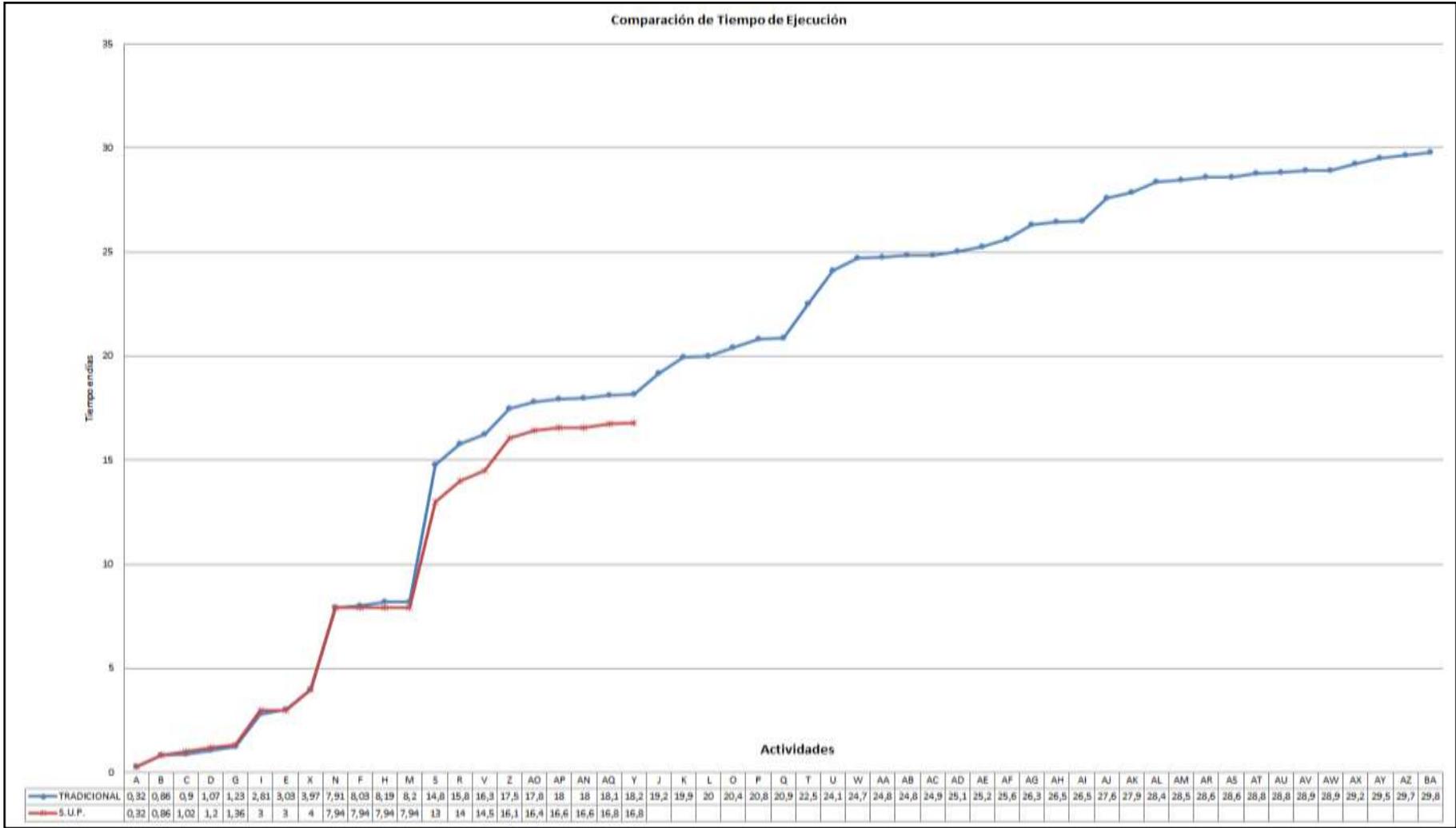


Figura 36. Comparación de tiempo de ejecución de las actividades Método Tradicional y S.U.P

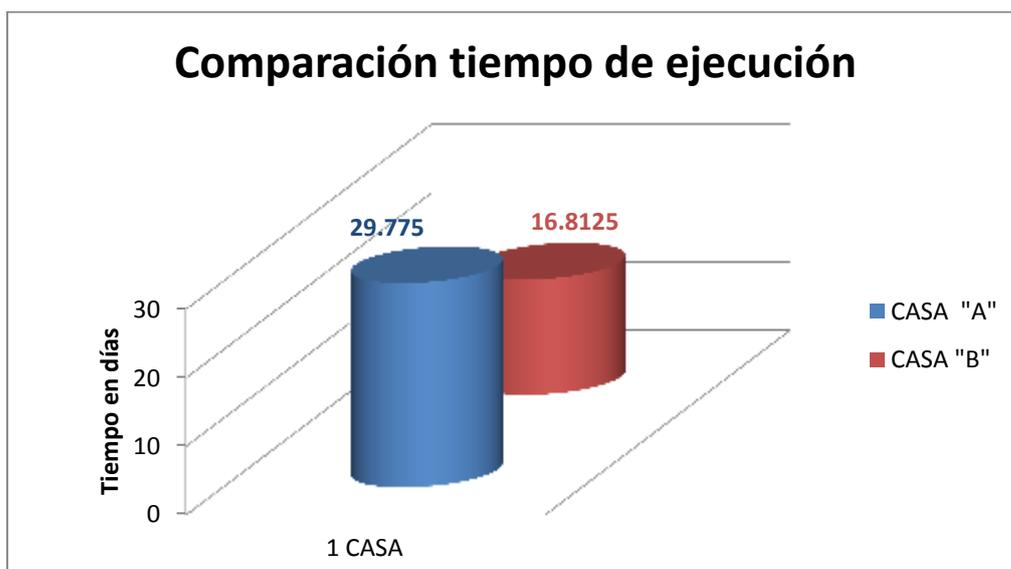


Figura 37. Comparación de tiempos de cada casa.

Inclusive, el costo de la mano de obra con el éste sistema se logró reducir, esto gracias a la reducción del tiempo empleado en la ejecución de las casas (figura No. 37. Gasto de mano de obra). Lo contrario ocurre en el sistema tradicional, en donde sólo se ve de manera superficial las tareas del proceso que están por ejecutarse, sin hacer un análisis más a fondo en el cual se detalle si se puede o no realizarse las tareas planificadas y sin dar solución alguna, aparte que este sistema es un proceso más holgado, ya que se van realizando las tareas como se van presentando, no conforme a un análisis de lo que se debe hacer y lo que se puede hacer.

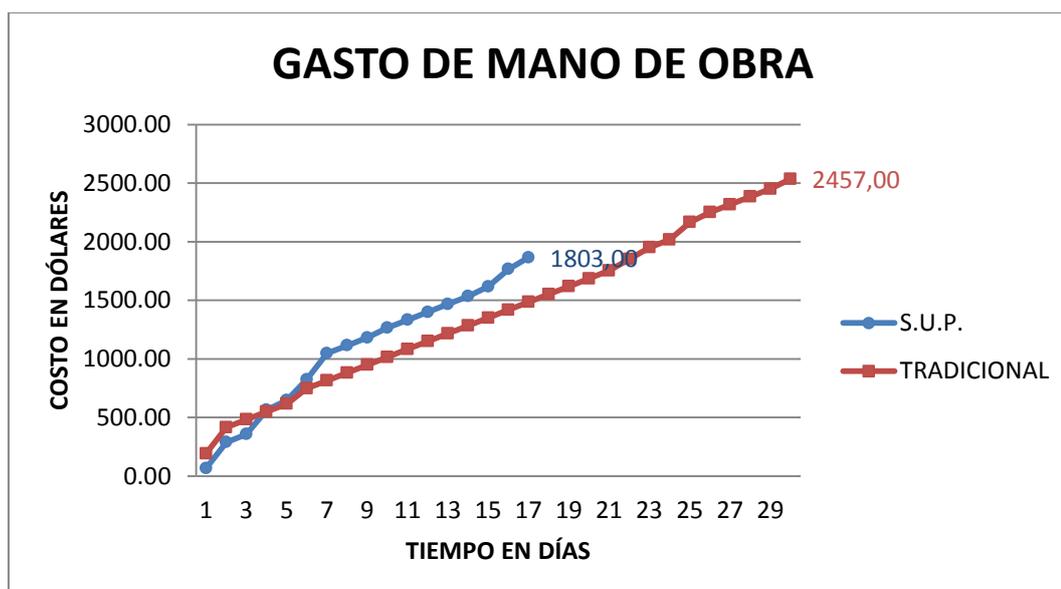


Figura 38. Comparación Gasto mano de obra Método S.U.P. y Método Tradicional

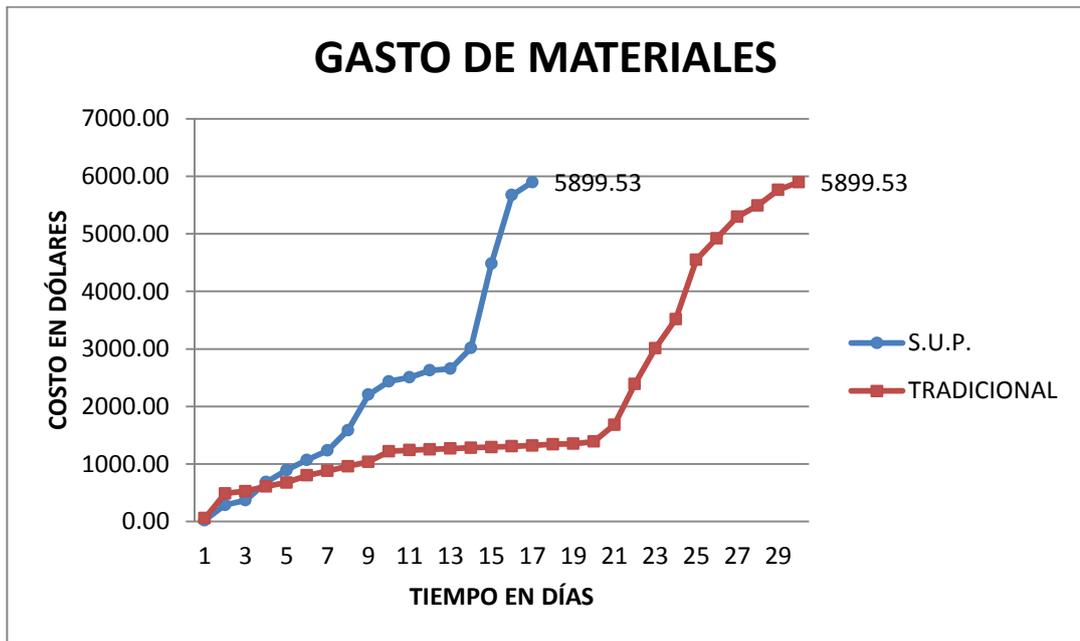


Figura 39. Comparación Gasto materiales Método S.U.P. y Método Tradicional

Como podemos observar la figura 5.18 (Comparación Gasto materiales Método S.U.P y Método Tradicional), el gasto en materiales es el mismo en los dos métodos es decir \$ 5.899,53 dólares, el ahorro obtenido es que con el Método Construcción sin pérdidas se construye en menos tiempo y hay menos posibilidad de robo o pérdida de materiales de bodega.

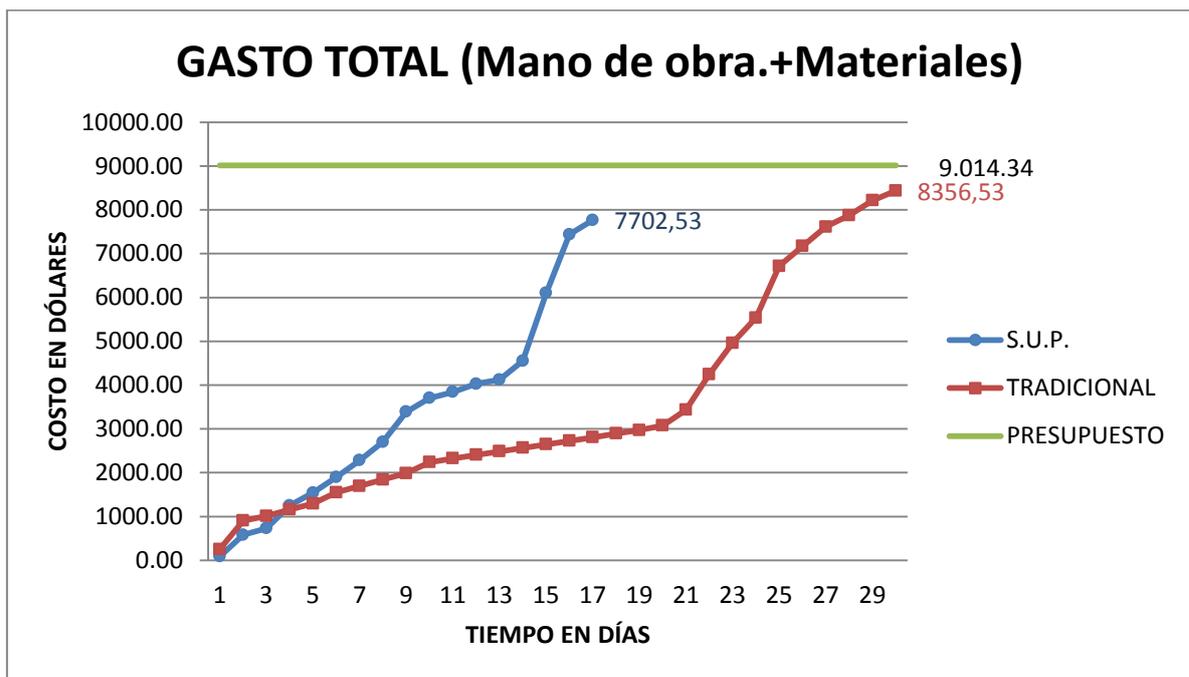


Figura 40. Comparación Gasto Total Método Construcción Sin Pérdida y Tradicional

En el figura 40. (Comparación Gasto Total Método Construcción Sin Pérdida y Tradicional) se puede concluir que comparando lo gastado con el presupuesto (incluido indirectos) tenemos que:

- El presupuesto de una casa es de \$ 9.014,34 dólares.
- Con el método tradicional se construyó la casa en \$ 8.356,53 dólares.
- Con el método Construcción sin Pérdidas se construyó la misma casa en \$ 7.702,53 dólares.

Por lo tanto, con el método Tradicional se ahorró \$ 657.81 es decir un 7.30%, con el método Construcción sin Pérdidas se ahorró \$ 1.311.81 dólares es decir un 15%.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- Con el uso de la nueva filosofía Lean Construction y sus herramientas (JIT, TQM y SUP), se logró demostrar que con correcto seguimiento y control de obra se puede analizar las principales debilidades (desperdicios) y llegar a la raíz de los problemas con el fin de atacarlos para evitar retrasos. Además se mejora el tiempo de ciclo de la cadena productiva, logrando hacer que los obreros no pierdan tiempo en actividades que no agregan valor, como esperas por material, falta de herramientas o simplemente tiempos de ocio.
- Se demostró que la costumbre de utilizar métodos anticuados como el método tradicional a la hora de construir, no permite un mejoramiento continuo, cometiendo los mismos errores (doble trabajo, esperas, mala logística, etc.) generando gran cantidad de pérdidas y como consecuencia se aumentan los costos y se disminuye la utilidad.
- Los proyectos de construcción deben incorporar en sus programas de control nuevas filosofías que permitan mejorar su desempeño a nivel general, tales como Construcción sin Pérdidas (Lean Construction), Justo a Tiempo (Just in Time), Administración Total de la Calidad (Total Quality Management), entre otras, de tal forma de ganar competitividad y posicionamiento en el sector.
- En el capítulo anterior, demostramos que con una correcta planificación, un estricto control de obra y el cumplimiento de plazos establecidos, es decir, utilizando filosofías nuevas como Construcción sin pérdidas y sus herramientas Justo a Tiempo, Control de Calidad y el Sistema Último Planificador, se puede obtener un ahorro 15%, en la construcción.

6.2 RECOMENDACIONES

- El método Construcción sin Pérdidas promueve varias herramientas para obtener resultados positivos en cuanto al mejoramiento de la construcción

por lo que se recomienda mantener reuniones con empresas constructoras y profesionales constructores para introducir en ellas, conceptos de gestión de la construcción, para lograr resultados positivos.

- Se recomienda contar con profesionales capacitados, para el control de avance de los proyectos, durante su ejecución, como también para la planificación del mismo, lo cual evitará generar pérdidas en la productividad debido a variaciones en los niveles de actividad de los obreros.
- Para obtener los resultados que persigue el Sistema Último Planificador, en las reuniones semanales, todos los involucrados deben tener claras sus responsabilidades y obligaciones para presentar la documentación necesaria, para llevar a cabo la reunión de una forma fluida y productiva.
- Al realizar la planificación de trabajo semanal no debe imponerse las tareas a conveniencia a los últimos planificadores, porque lo que se busca es que cada quien sea responsable de sus atribuciones, así lograr la fluidez requerida del proyecto, ya que sin presiones e imposiciones, los últimos planificadores se sentirán parte del equipo siendo más creativos y comprometidos con la obra.
- A pesar de la existencia de diferentes métodos para evaluar y controlar la calidad y la productividad, se necesita tener bien claros los objetivos que se persiguen en la evaluación y control para escoger el método adecuado para obtener los resultados deseados.

7 BIBLIOGRAFÍA:

Alarcón. (1993).

Alarcón, L. (s.f.). En A. L., *Planificación y Control de Producción para la Construcción: Sistema Último Planificador*.

Alarcón, L. (s.f.).

Alarcón, L. (2003).

Arboleda, M. (2011). **Análisis Económico de los factores que determinan el comportamiento de la construcción de vivienda en el Ecuador y su impacto en el desarrollo del sector proyectado al año 2012.**

Ballard. (2000). Sistema del Último Planificador. En Ballard, *The Last Planner System of Production control, School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham, U.K.*

Bernardes, M. (2001).

Botero, L. (2004). *Guía de mejoramiento continuo para la productividad en la construcción de proyectos de vivienda.*

Botero, L. F. (2004). En *Análisis de Procesos y Filosofía Lean Construction* (pág. 37).

Gualavisí, M. (2011). Materiales de Construcción. *Boletín Mensual de análisis sectorial de MIPYMES*, 1-24.

Hay. (1989).

Howell. (2002).

INEC. (Diciembre 2013). Sistema Integrado de Encuestas - Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo, indicadores Laborables.

ISOVER SAINT- GOBAIN. (s.f.). Obtenido de <http://www.isover.es/ISOVER-y-la-Sostenibilidad/Materiales-aislantes-y-sus-ciclos-de-vida>

Juran, J. (2008). **APORTES, DEFINICION E IMPLANTACIÓN DE LA CALIDAD TOTAL . *Filosofía de la Calidad.***

Lira. (1996).

Lira. (1996).

Montaño, A. (2000). **Iniciación al Método del camino crítico. Trillas.**

Montaño, A. (2000). **Iniciación al Método del camino crítico. Trillas.**

Picchi. (1993).

SAINT-GOBAIN. (s.f.). Obtenido de <http://www.isover.es/ISOVER-y-la-Sostenibilidad/Materiales-aislantes-y-sus-ciclos-de-vida>

Serpell. (1999).

Serpell, A. (1986). Análisis de Operaciones de Construcción.

Tommeein. (1998).

**8. FOTOGRAFÍAS
REPLANTEO Y NIVELACIÓN**



CONTRAPISO



HORMIGONADO DE PISO



MAMPOSTERÍA EXTERIOR E INTERIOR



HORMIGONADO DE CADENAS



ACABADOS



PINTURA INTERIOR



PINTURA EXTERIOR

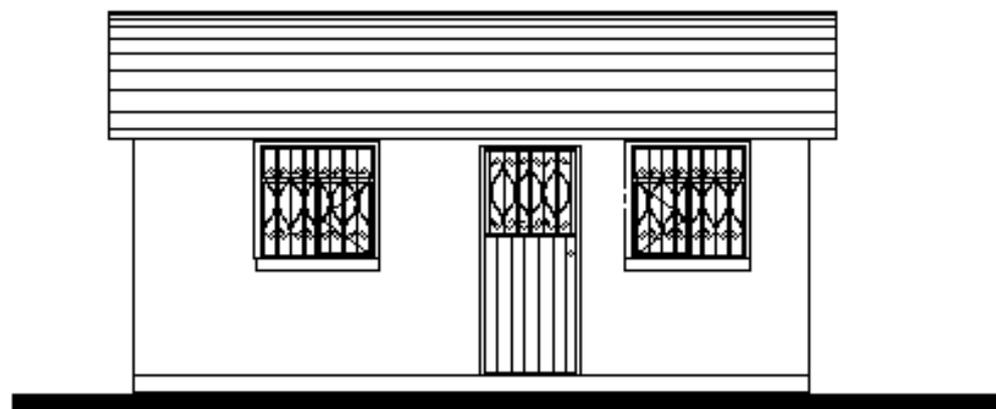


CASA TERMINADA



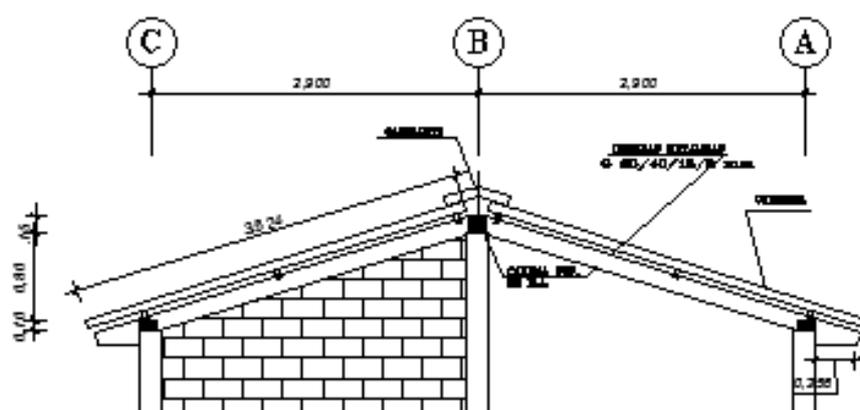
9. ANEXOS 1

PLANOS CONSTRUCTIVOS



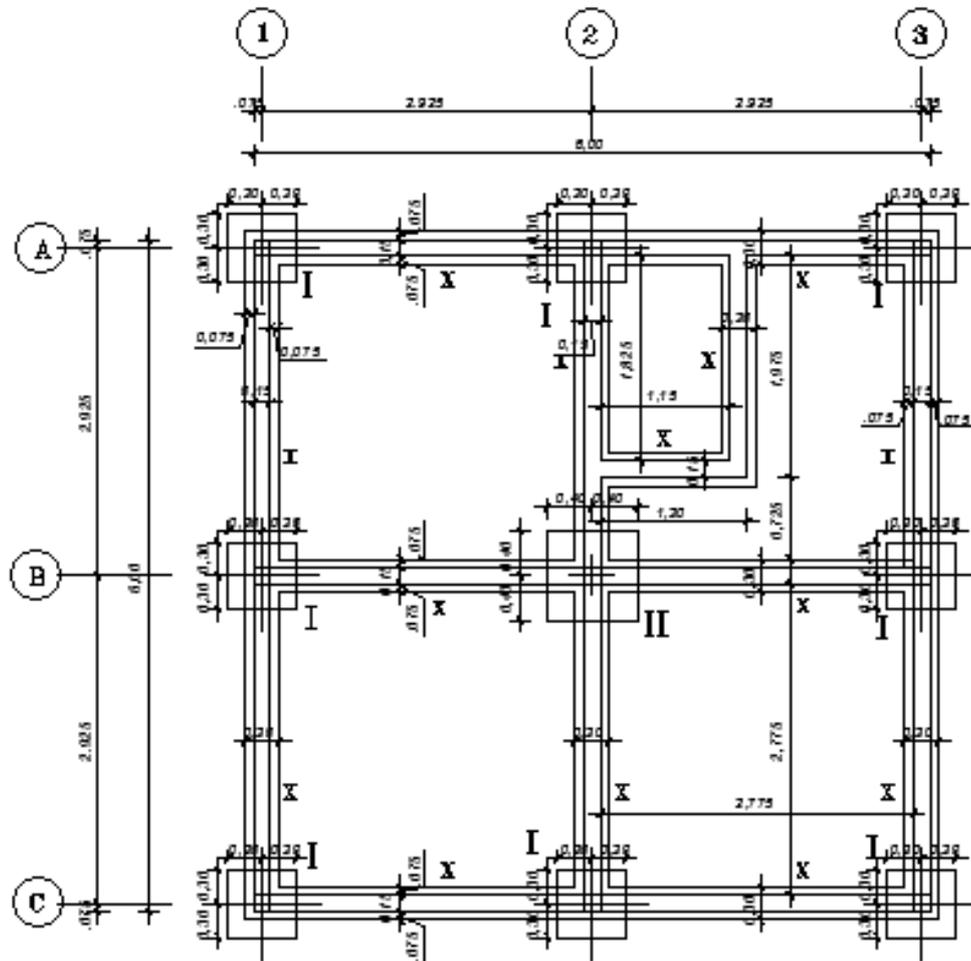
FACHADA FRONTAL

Escala _____ 1:50

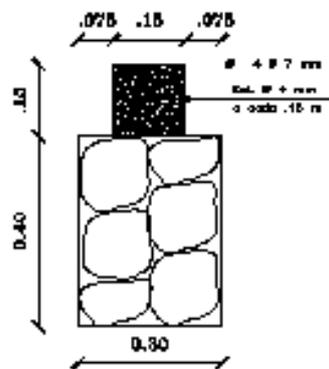


DETALLE CUBIERTA

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA DIRECCION PROVINCIAL FICHINCHA		
PROYECTO: VIVIENDA RURAL	TIPO 1	2 LONINA
CONTENIDO		
FACHADA Y DETALLE		

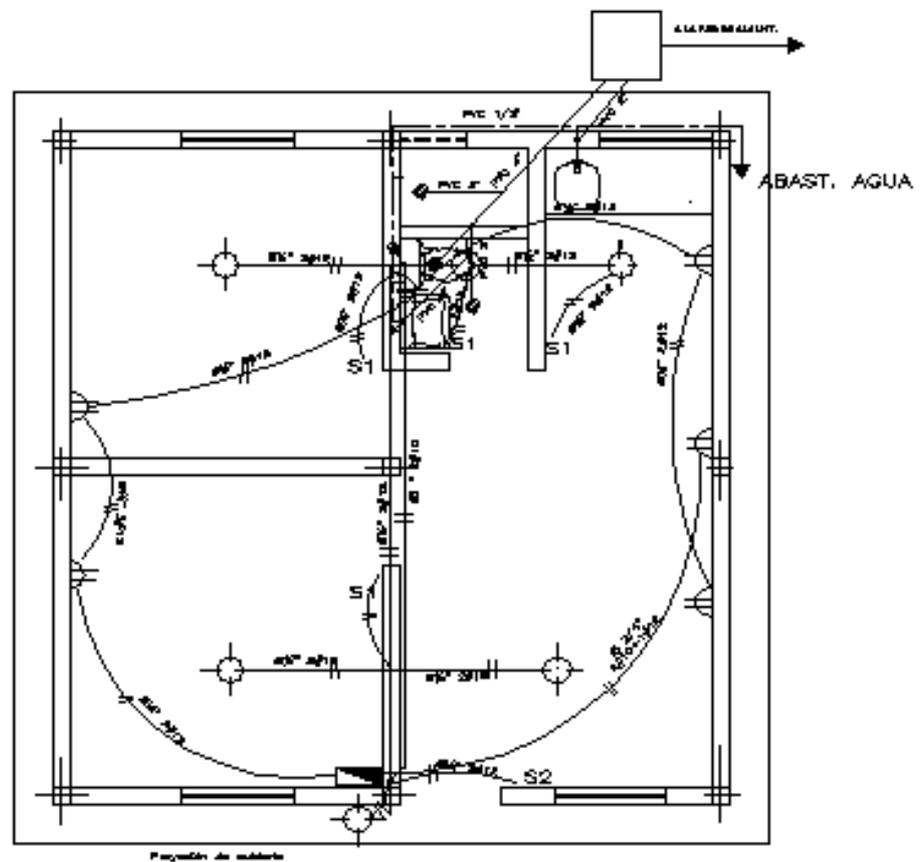


PLANTA DE CIMENTACION



CIMENTACION "X"

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA DIRECCION PROVINCIAL RCHINCHA		
PROYECTO: VIVIENDA RURAL	TIPO 1	3
CONTIENE:		LAMINA
PLANTA CIMENTACION		



INST. ELECTRICAS

Escala _____ 1:50

SIMBOLOGIA:

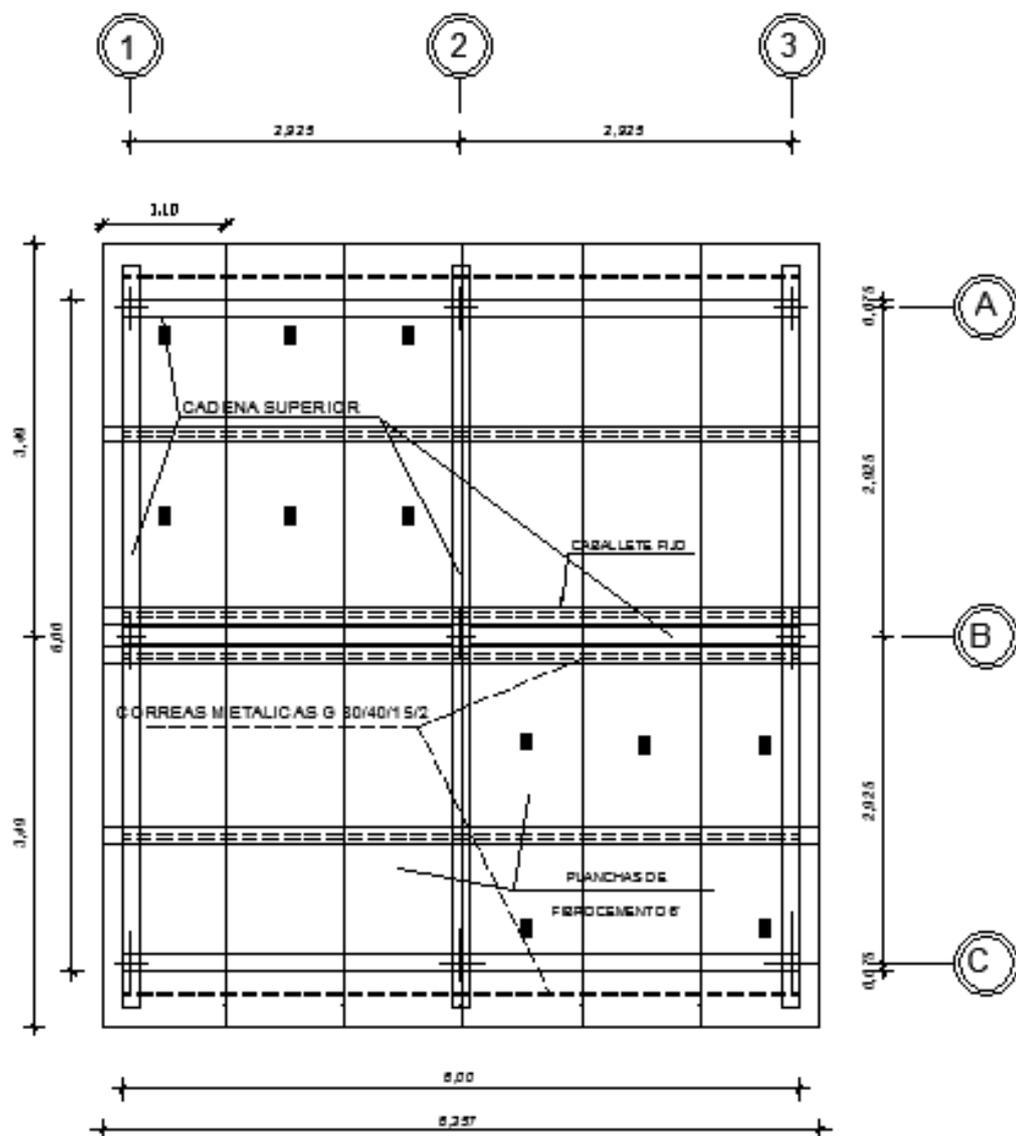
ALCANTARILLADO

- CAJA DE REVISION
- TUBO PVC 50 MM
- TUBO PVC 110 MM
- AGUA POTABLE**
- TUBO PVC 1/2"
- PUNTO DE AGUA

INST. ELECTRICAS

- LUMINARIA
- S1 INTERRUPTOR SIMPLE a 1.20m del piso
- S2 INTERRUPTOR DOBLE a 1.20m del piso
- TOMACORRIENTE DOBLE a 1.35m del piso
- ALAMBRE SOLIDO #12 PARA LUZ
- ALAMBRE SOLIDO #12 PARA TOMACORRIENTES
- TABLERO DE DISTRIBUCION
- CIRCUITO PARA BAKHA ELECTRICA 2xH = 2 1/4
- SWITCH BIPOLAR CON FUSIBLE 40 Amp.
- CAJA DE PASO OCTAGONAL CON TAPA

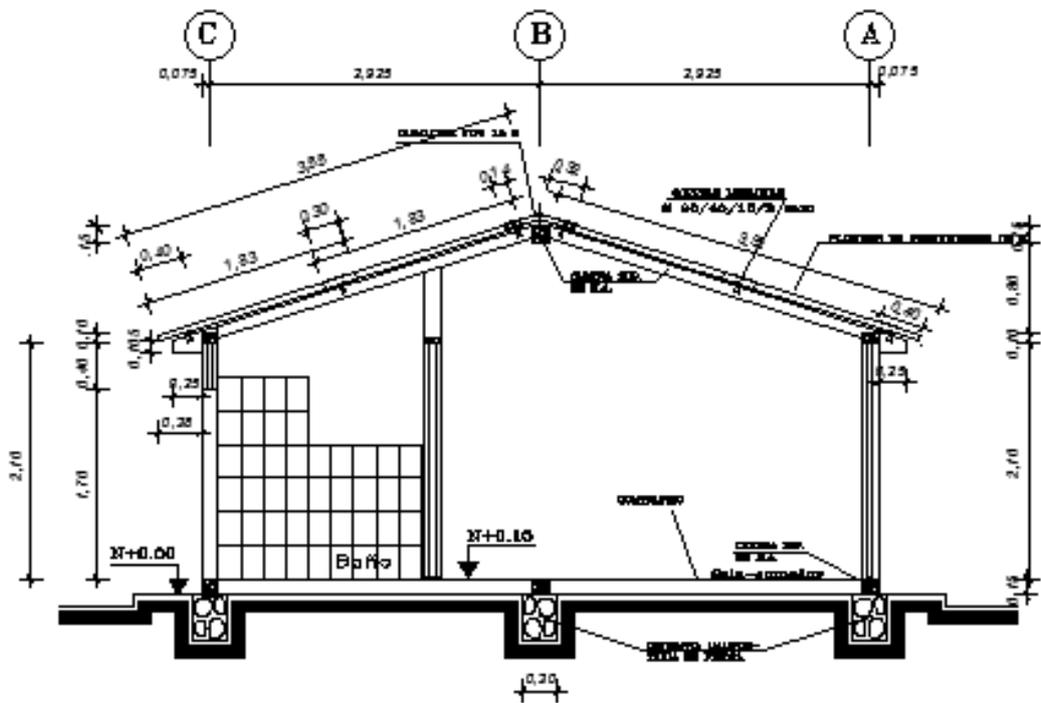
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA DIRECCION PROVINCIAL FICHINCHA		
PROYECTO: VIVIENDA RURAL	TIPO 1	5 LAMINA
CONTENIDO:		
PLANTA DE DISTRIBUCION ELECTRICAS - BARRIO DE Y.A. P.A.		



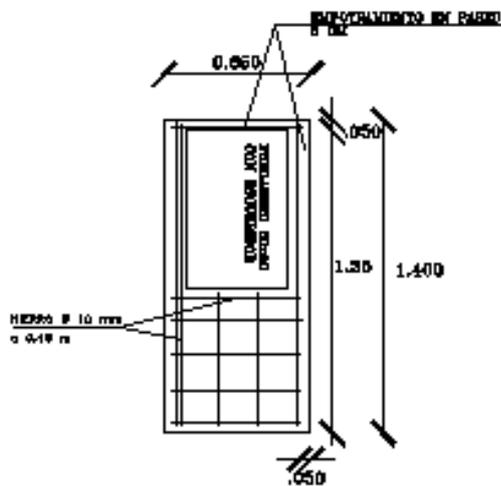
PLANTA DE CUBIERTA

Escala _____ 1:50

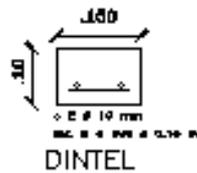
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA DIRECCION PROVINCIAL RICHINCHA		
PROYECTO: VIVIENDA RURAL	TIPO 1	6
CONTENIDO PLANTA DE CUBIERTA		LAMINA



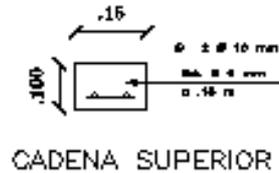
CORTE 1-1



ARMADURA MESON



DINTEL



CADENA SUPERIOR

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA DIRECCION PROVINCIAL RCHINCHA		
PROYECTO: VIVIENDA RURAL	TIPO 1	7 LAMINA
CONTENIDO:		
CORTE ELEVACION Y DETALLES		

